Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2013



Teknik Las SMAW

1

UNTUK SMK / MAK KELAS X

Penulis : **Sukaini**
Editor Materi : **Tarkina**
Editor Bahasa :
Ilustrasi Sampul :
Desain & Ilustrasi Buku : **PPPPTK BOE Malang**

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: vedcmalang@vedcmalang.or.id, Laman: www.vedcmalang.com



DISKLAIMER (*DISCLAIMER*)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku tek ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setiap komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.

Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratan isi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.

Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusun makna kalimat didalam buku teks ini.

Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Pengelasan Kapal Edisi Pertama 2013
Kementerian Pendidikan & Kebudayaan
Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan,
th. 2013: Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Keahlian Pengelasan Kapal, Program Keahlian Pengelasan Kapal.

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi BELAJAR (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*pasive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL*.

Buku teks “Teknik Las SMAW” ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran “Teknik Las SMAW” ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan eksperimen ilmiah (penerapan scientifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiri.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks siswa untuk Mata Pelajaran “Teknik Las SMAW” kelas XI / Semester 1 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013
Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

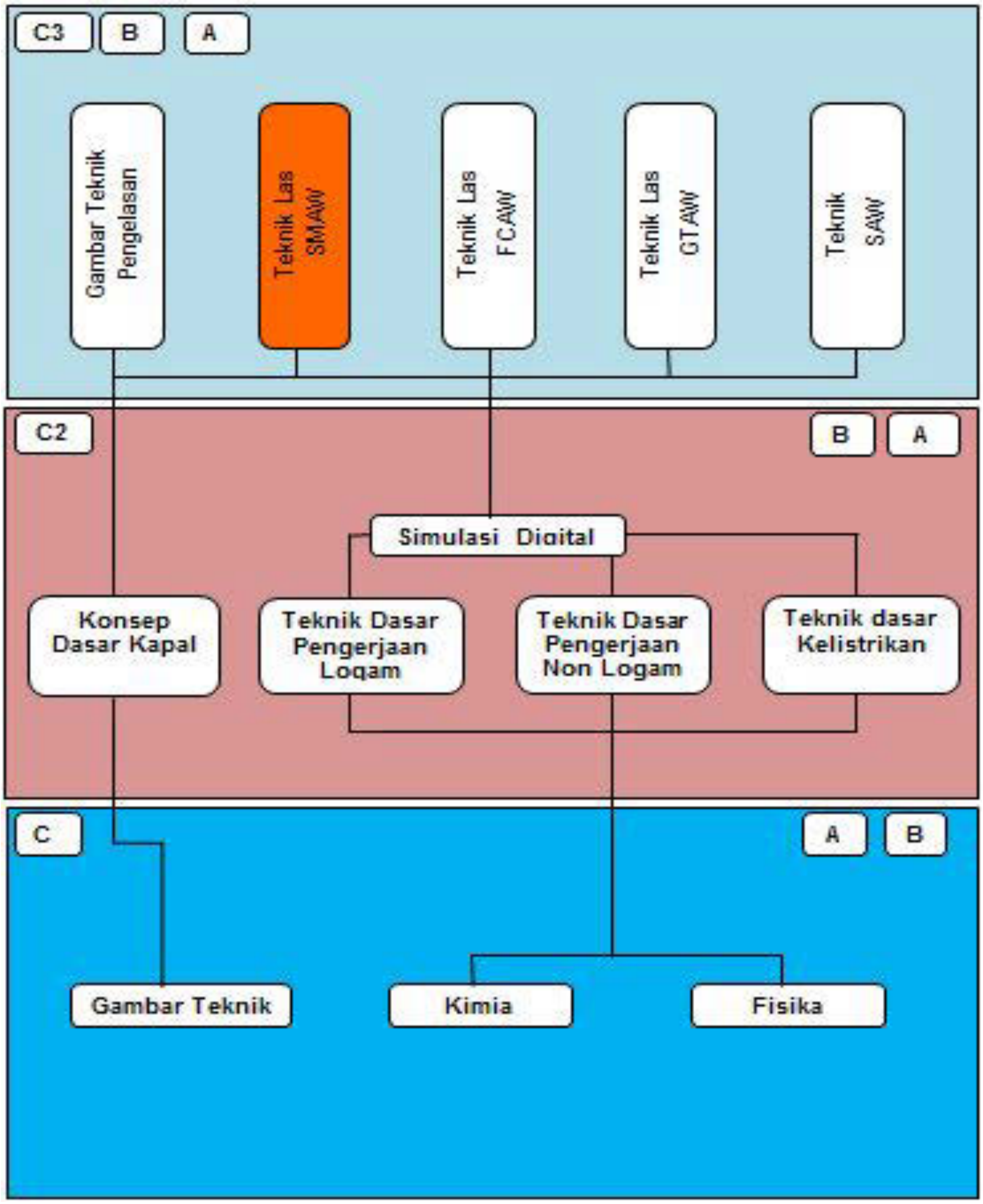
Prof. Dr. Mohammad Nuh, DEA

DAFTAR ISI

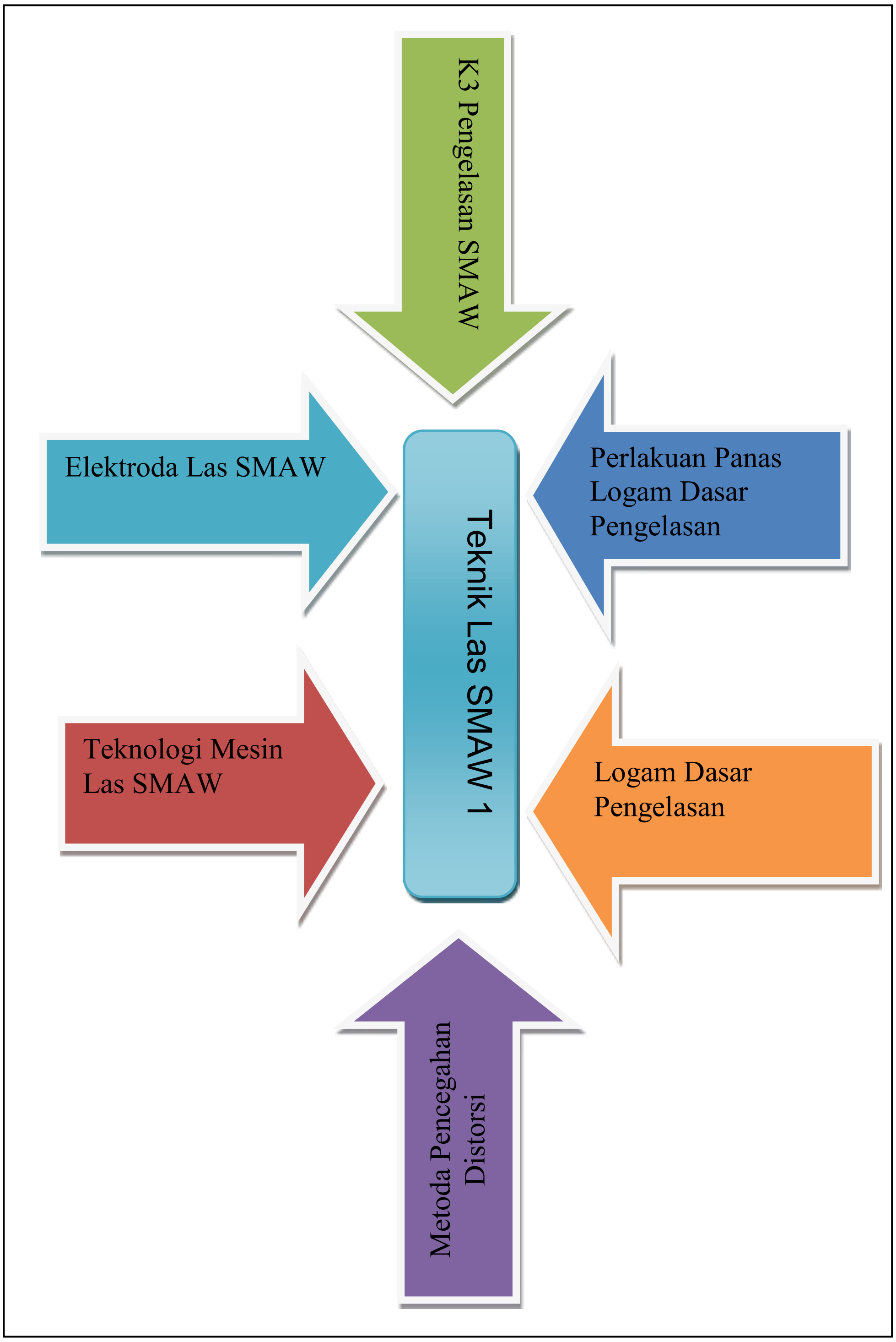




PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR TEKNIK PENGELASAN KAPAL



Peta konsep mata pelajaran Teknik Las SMAW XI semester 1





Glosarium

SMAW	sield Metal Arc Welding
KI	Kompetensi Inti
KD	Kompetensi Dasar

BAB I PENDAHULUAN

1. Deskripsi

Shield Metal Arc Welding (SMAW) merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik yang Membentuk busur arus dan elektroda berselaput. Di dalam pengelasan *SMAW* ini terjadi gas pelindung ketika elektroda terselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan/*pressure* gas *inert* untuk menghilangkan pengaruh oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung di dalam hasil pengelasan. Proses pengelasan terjadi karena adanya hambatan arus listrik yang mengalir diantara elektroda dan bahan las yang menimbulkan panas mencapai 3000 ^{o}C, sehingga membuat elektroda dan bahan yang akan dilas mencair. Teknik las SMAW terdiri dari empat buku yang digunakan selama dua tahun. Teknik las SMAW 1 dan 2 digunakan pada kelas XI sedangkan Teknik Las SMAW 3 dan 4 digunakan pada kelas XII.

Teknik Las *SMAW* 1 mempelajari tentang bagaimana logam dasar dalam pengelasan, perlakuan panas pada pengelasan, teknologi mesin las SMAW, Elektroda las SMAW, metoda pencegahan distorsi dan keselamatan dan kesehatan kerja. Semua kompetensi itu akan ditempuh dalam satu semester dengan 20 kegiatan belajar. Masing masing kegiatan belajar dilengkapi dengan tugas dan tes formatif untuk mengukur kemampuan penguasaan materi pembelajaran.

2. Prasyarat

Untuk melaksanakan mata pelajaran **Teknik Las *SMAW* 1** siswa terlebih dahulu harus sudah menempuh mata pelajaran teknik dasar pengerjaan logam 1 dan 2, gambar teknik, kimia, fisika, konsep dasar kapal, teknik dasar pengerjaan non logam, teknik dasar kelistrikan dan simulasi digital.

3. Petunjuk Penggunaan

Buku ini merupakan buku pegangan siswa untuk proses belajar. Yang harus diperhatikan untuk mempelajari buku ini :

1. Buku ini menganut system ketuntasan dalam belajar. Artinya urutan kegiatan belajar harus berurutan seperti yang tertuang dalam buku ini.



Hal tersebut dikarenakan Kegiatan Belajar 3 dapat terlaksana dengan baik jika Kegiatan Belajar 2 telah dikuasai, Demikian halnya Kegiatan Belajar 2 akan dapat dipelajari dengan lancar jika telah menguasai Kegiatan Belajar 1.

2. Model pembelajaran buku ini menggunakan pendekatan saintifik yang menuntut siswa selalu aktif dalam kegiatan belajar. Untuk itu metode belajar diskusi kelompok, dan metode praktek sering dilakukan dalam kegiatan belajar.
3. Kegiatan belajar dalam buku ini direncanakan tuntas sebanyak 20 kali pertemuan atau 20 minggu. Setiap pertemuan atau setiap minggu kegiatan belajar dilaksanakan selama 6 x 45 menit.
4. Setiap kegiatan belajar peserta didik harus mempelajari secara terurut dari tujuan pembelajaran, uraian materi, rangkuman, tugas, tes formatif, dan lembar kerja.

4. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari buku teks bahan ajar ini siswa dapat:

- Memahami jenis dan karakteristik logam dasar pengelasan
- Memahami perlakuan logam dasar pengelasan
- Melakukan Pre-Heating dan Post-Heating
- Memahami kelistrikan dasar las SMAW
- Memahami perangkat las SMAW
- Memahami karakteristik busur las SMAW
- Memahami unjuk kerja (duty cycle) mesin las SMAW
- Memahami prosedur operasional mesin las SMAW
- Memahami klasifikasi dan kodefikasi elektroda las SMAW
- Melakukan penanganan elektroda SMAW
- Memahami pengertian distorsi
- Memahami penyebab dan jenis-jenis distorsi
- Melakukan metode pencegahan distorsi
- Memahami bahaya arus listrik dan pencegahannya
- Memahami bahaya busur las dan pencegahannya
- Memahami bahaya gas/asap dan pencegahannya
- Memahami Alat Perlindungan Diri (APD)

5. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang di anutnya	1.1 Bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya. 1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang menganugerahkan ilmu dan teknologi dibidang pengelasan.
2. Mengembangkan perilaku (jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli, santun, ramah lingkungan, gotong royong kerjasama, cinta damai, responsif dan proaktif) dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan bangsa dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergulan dunia	2.1 Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam mengidentifikasi logam dasar. 2.2 Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam pemilihan elektoda las SMAW. 2.3 Menunjukkan sikap disiplin dan tanggung jawab dalam mengikuti prosedur pengelasan SMAW 2.4 Menunjukkan sikap peduli terhadap lingkungan setiap melaksanakan proses pengelasan 2.5 Memiliki kesadaran menggunakan APD setiap melaksanakan proses pengelasan



	2.6 Menunjukkan perilaku kreatif, percaya diri, disiplin, tanggung jawab, jujur, kerjasama dan mandiri dalam melakukan praktik pengelasan SMAW
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan faktual, konseptual, dan procedural dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradapan terkait penyebab fenomena dan kejadian	3.1 *Memahami karakteristik logam dasar pengelasan.* *3.2 Memahami perlakuan panas pada logam dasar pengelasan.* *3.3 Memahami karakteristik dan teknologi mesin las SMAW* *3.4 Memahami karakteristik dan cara pemilihan elektroda las SMAW* *3.5 Memahami metode pencegahan distorsi pada*
KOMPETENSI INTI	**KOMPETENSI DASAR**
dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	proses pengelasan 3.6 Memahami K3 Pengelasan SMAW 3.7 Memahami teknik mengelas pelat baja dengan proses las SMAW pada posisi bawah

	tangan. 3.8 Memahami teknik mengelas pelat baja dengan proses las SMAW pada posisi horizontal/mendatar.
4. Mengolah, menalar, menyaji, dan mencipta dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri serta bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan	4.1 Memperlakukan logam dasar untuk persiapan pengelasan . 4.2 Melakukan perlakuan panas pada logam dasar pengelasan sesuai prosedur pengelasan. 4.3 Mengoperasionalkan dan memelihara mesin las SMAW 4.4 Melakukan pemilihan dan perawatan elektroda SMAW. 4.5 Melakukan metode pencegahan distorsi pada proses pengelasan. 4.6 Memilih dan memakai APD pada proses pengelasan. 4.7 Mengelas pelat baja dengan proses las SMAW pada posisi bawah tangan. 4.8 Mengelas pelat baja dengan proses las SMAW pada posisi horizontal/mendatar.

6. Cek Kemampuan Awal

Sebelum mepelajari buku teks pembelajaran ini terlebih dahulu ada beberapa materi pembelajaran yang harus anda ceklis pada table di bawah ini. Jika anda belum menguasai materi pembelajarannya maka pelajari kembali sebelum anda melanjutkan ke pertanyaan berikutnya. Jika sudah ceklis dan lanjutkan.

Tabel. cek kemampuan dasar siswa

No.	Materi Pembelajaran	ya	tidak
1	Teknik dasar pengerjaan logam		
2	Teknik dasar pengerjaan non logam		
3	Teknik dasar kelistrikan		
4	Simulasi digital		
5	Fisika		
6	Kimia		
7	Menggabar teknik		

BAB II MATERI PEMBELAJARAN

Karakteristik Logam Dasar Pengelasan

1. Deskripsi Pembelajaran

Pemahaman jenis dan karakteristik logam dasar pengelasan merupakan salah satu dari proses penentuan terhadap material las sebelum proses pengelasan dimulai agar sesuai dengan standar yang dikehendaki. Pemilihan bahan dilakukan disesuaikan dengan kebutuhannya misalnya dipengaruhi oleh jenis material, spesifikasi teknis, karakteristik / kualitas logam, kemampuan terhadap pengelasan, serta kemudahan untuk didapatkan.

Memahami jenis dan karakteristik logam dasar pengelasan dapat memberikan kepastian sebelum proses pengelasan dilakukan, dimana pengetahuan logam merupakan modal untuk menentukan tindakan yang sesuai Standar Operasional Prosedur.

Pada buku modul ini akan dipaparkan tentang pengetahuan jenis dan karakteristik logam dasar pengelasan

.

2. Kegiatan Belajar

2. 1. Kegiatan Belajar 1 : Jenis dan Karakteristik Logam Dasar Pengelasan

2.1.1. *Tujuan Pembelajaran*

Setelah pembelajaran siswa dapat memahami jenis dan karakteristik logam dasar pengelasan

2.1.2. *Uraian Materi*

Dalam hal pemahaman jenis dan karakteristik logam dasar pengelasan tersebut berarti peserta didik harus memperhatikan jenis dan sifat bahan selama proses pembentukan logam dan perilaku selama penggunaannya (seperti sifat mampu las, mampu dibentuk, mampu dikerjakan dengan mesin,

stabilitas listrik, ketahanan terhadap korosi, perbaikan dan perawatan) dan demikian pula masalah biaya dan pengadaannya. Prinsip utama adalah bahwa setiap bahan berkaitan erat sekali dengan struktur intern dari bahan itu sendiri, dimana struktur intern bahan tersebut mencakup atom-atom dan susunannya didalam suatu kristal, molekul atau struktur mikro. Struktur dalam bahan bisa berubah bila terjadi deformasi, dan dapat terjadi perubahan sifat-sifat (misalnya kekuatan, kekerasan dan kekenyalannya).

Oleh karena itu sifat dan perilaku bahan merupakan cerminan dari struktur didalamnya. Bila perlu sifat khusus dari bahan harus selalu diperhatikan, karena bila struktur intern bahan berubah selama pengolahannya atau pemakaiannya, maka dari itu akan terjadi pula perubahan sifat bahan tersebut.

Untuk dapat menggunakan bahan teknik dengan tepat, maka bahan tersebut harus dapat dikenali dengan baik sifat-sifatnya dan sifat-sifat bahan tersebut tentunya sangat banyak macamnya, untuk itu secara umum sifat-sifat bahan tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- **Sifat Kimia.**

  Dengan sifat kimia diartikan sebagai sifat bahan yang mencakup antara lain kelarutan bahan tersebut terhadap larutan kimia, basa atau garam dan pengoksidasiannya terhadap bahan tersebut. Salah satu contoh dari sifat kimia yang terpenting adalah : KOROSI**.**

- **Sifat Teknologi.**

  Sifat teknologi adalah sifat suatu bahan yang timbul dalam proses pengolahannya. Sifat ini harus diketahui terlebih dahulu sebelum mengolah atau mengerjakan bahan tersebut.

  Sifat – sifat teknologi ini antara lain :

  Sifat mampu las (Weldability), sifat mampu dikerjakan dengan mesin (Machineability), sifat mampu cor (Castability),dan sifat mampu dikeraskan (Hardenability).

- **Sifat Fisika.**

  Sifat fisika adalah perlakuan bahan karena mengalami peristiwa Fisika, seperti adanya pengaruh panas, listrik dan beban. Yang termasuk golongan sifat fisika ini adalah : Sifat Panas, Sifat Listrik, Sifat Mekanis.

- **Sifat Panas.**

  Sifat-sifat bahan yang timbul karena pengaruh panas yaitu : sifat-sifat karena proses pemanasan dan karena perubahan bentuk / ukuran oleh panas (pemuaian/penyusutan). Pengaruh panas dapat juga merubah struktur bila kombinasi pemanasan dan pendinginan dilakukan pada kecepatan waktu tertentu. Hal ini banyak mempengaruhi atau dapat merubah sifat mekanis dari bahan tersebut. Proses ini dikenal dengan nama perlakuan panas atau "HEAT-TREATMENT ".

- **Sifat Listrik.**

  Sifat listrik dari bahan adalah penting, karena sifat dari bahan inilah sekarang banyak digunakan untuk Televisi, Radio, dan Telepon. Sifat – sifat listrik dari bahan yang terpenting adalah : ketahanan dari suatu bahan terhadap aliran listrik dan daya hantarnya , dan tidak semua bahan mempunyai daya hantar listrik yang sama. Bahan bukan logam, seperti misalnya keramik, plastik adalah penghantar listrik yang tidak baik, oleh karena itulah bahan ini dipergunakan sebagai "ISOLATOR".

  Semua bahan logam dapat mengalirkan arus listrik , akan tetapi logam yang paling baik untuk penghantar listrik adalah aluminium dan tembaga. Oleh karena itulah dalam teknik listrik bahan tersebut banyak dipergunakan sebagai Konduktor, Kabel, Panel Penghubung dan alat-alat listrik lainnya.

- **Sifat Mekanik .**

  Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan kepadanya. Dimana beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir,atau beban kombinasi.

Sifat – sifat mekanik bahan yang terpenting antara lain :

- Kekuatan (strenght) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah.Kekuatan ini ada beberapa macam, dan ini tergantung pada beban yang bekerja antara lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan bengkok.
- Kekerasan (hardness) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan , pengikisan (abrasi), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (wear resistance). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.
- Kekenyalan (elasticity) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Bila suatu bahan mengalami tegangan maka akan terjadi perubahan bentuk. Bila tegangan yang bekerja besarnya tidak melewati suatu batas tertentu maka perubahan bentuk yang terjadi bersifat sementara, perubahan bentuk ini akan hilang bersama dengan hilangnya tegangan, akan tetapi bila tegangan yang bekerja telah melampaui batas tersebut, maka sebagian bentuk itu tetap ada walaupun tegangan telah dihilangkan.
- Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk elastis yang dapat terjadi sebelum perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.
- Kekakuan (stiffness) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan / beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dimana dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting dari pada kekuatan.
- Plastisitas (plasticity) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis (yang permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi

bahan yang akan diproses dengan berbagai proses pembentukan seperti, forging, rolling, extruding dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan / kekenyalan (ductility). Bahan yang mampu mengalami deformasi plastis yang cukup tinggi dikatakan sebagai bahan yang mempunyai keuletan / kekenyalan tinggi, dimana bahan tersebut dikatakan ulet / kenyal (ductile). Sedang bahan yang tidak menunjukan terjadinya deformasi plastis dikatakan sebagai bahan yang mempunyai keuletan yang rendah atau dikatakan getas /rapuh (brittle).

- Ketangguhan (toughness) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor , sehingga sifat ini sulit untuk diukur.
- Kelelahan (fatique) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang-ulang (cyclic stress) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengruhinya.
- Merangkak/keretakan (creep / crack) merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik yang besarnya merupakan fungsi waktu, dimana pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.
- Berbagai sifat mekanik diatas juga dapat dibedakan menurut cara pembebanannya, yaitu sifat mekanik statik, sifat terhadap beban statik, yang besarnya tetap atau berubah dengan lambat, dan sifat mekanik dinamik, sifat mekanik terhadap beban, yang berubah-rubah atau mengejut. Ini perlu dibedakan karena tingkah laku bahan mungkin berbeda terhadap cara pembebanan yang berbeda.



Pengetahuan dasar baja

Baja adalah logam besi yang mengandung karbon tidak lebih dari 2,06 % dengan beberapa komposisi paduan lainnya yang terbatas seperti Si, Mn, P, S dan disebut baja paduan jika dipadu dengan unsur logam lainnya dalam jumlah tertentu.

1. **Besi (Fe).**

   Elemen besi merupakan unsur pokok baja di mana elemen ini persentasenya sangat tinggi, bahkan sampai 100 % (yang disebut baja non paduan).

   Besi murni tersebut mempunyai titik cair 1540^0 C dan mempunyai massa jenis 7, 86 kg/dm^3.

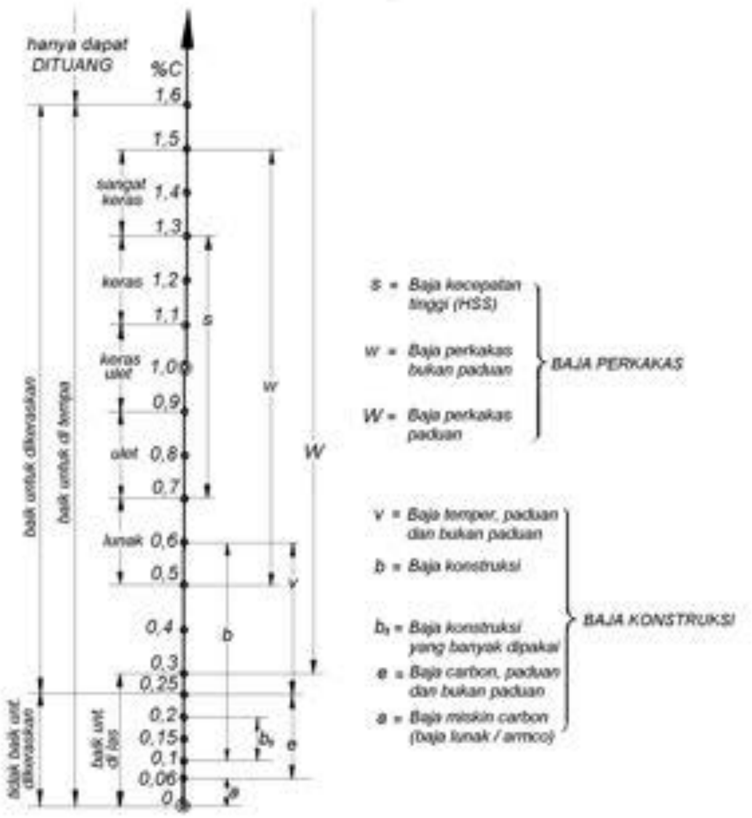
2. **Karbon (C).**

   Karbon adalah bahan paduan untuk pembuatan baja, persentase Karbon berkisar ± 0,05 % dalam tingkat yang paling lunak, hingga ± 1,4 % dalam tingkat yang paling keras (pada batasan unsur C maksimal untuk baja perkakas).

   Baja juga mengandung Manganese, Silisium, Sulfur dan Fosfor dalam jumlah kecil. Besi tuang mengandung elemen yang sama tetapi kandungan karbonnya lebih tinggi, antara 3 % hingga 4,5 %. Hal inilah yang menyebabkan baja tuang tersebut rapuh, sehingga saat dibentuk dengan mesin sisa pemotongannya dalam bentuk kepingan-kepingan (sayatan-sayatan) kecil.

   Pengaruh kandungan karbon terhadap sifat-sifat mekanis baja.

Baik daya rentang maupun kekerasan baja bisa diperkuat dengan mempertinggi kandungan karbon. Akan tetapi kelenturannya, yang diukur dengan persentase kemahiran pada uji tarik, menurun hingga mencapai nilai yang sangat rendah pada kandungan karbon 0,9%. Kekerasan yang berarti, daya tahan terhadap hentakan mendadak akan menurun secara tetap sejalan dengan penambahan kandungan karbon dan mencapai nilai yang cukup rendah pada kandungan karbon 0,14 %, bila dinormalkan memiliki nilai Izod (Impact) 134 Joule. Kerapuhan berbanding terbalik dengan kekerasan, dimana semakin meningkat dengan bertambahnya kandungan karbon, maka baja akan semakin sulit dibentuk dengan mesin.



Persentase kandungan karbon untuk baja.

Tipe Baja	**Kandungan Karbon (%)**
Mild Steel (Baja Lunak)	Sampai 0,3
Baja Karbon Rendah	Sampai 0,23 hingga 0,35
Baja Karbon Medium	Sampai 0,35 hingga 0,5
Baja Karbon Tinggi	Sampai 0,5 hingga 0,8
Baja Perkakas (Baja Tool)	Sampai 0,7 hingga 1,4

3. **Sulfur dan Pospor (S dan P).**

   Persentase dari elemen-elemen ini dijaga pada angka yang rendah pada baja, karena akan membuat baja menjadi lunak dan untuk kandungan Sulfur bisa menjadi panas dalam waktu yang pendek dan ini semua akan membuat baja menjadi getas.



4. Manganese dan Silisium (Mn dan Si).

Penambahan dua elemen ini memperkaya sifat-sifat mekanis baja, dan jika ditambahkan dalam jumlah yang relatif besar, maka baja tersebut disebut baja paduan.

Persentase unsur-unsur paduan pada baja karbon adalah sebagai berikut :

Unsur	**Persentase**
Karbon (C)	0,05 - 1,4
Manganese (Mn)	0,03 - 0,7
Silisium (Si)	0,15 - 0,3
Sulfur (S)	0,06 (maksimum)
Fosfor (P)	0,06 (maksimum)

5. Kodefikasi.

Setiap jenis baja yang digunakan dalam bidang industri di daftar menurut spesifikasi standar. Dan hampir semua standar, terutama di negara-negara maju, memuat penamaan dan spesifikasi dari baja tersebut.

Baja konstruksi misalnya, dimana biasanya kekuatan merupakan faktor yang paling penting, penamaannya didasarkan atas kekuatan tariknya.

Dalam standarisasi Jerman (DIN) misalnya, baja kontruksi dinyatakan dengan huruf St. yang diikuti dengan angka yang menunjukkan kekuatan tarik minimum dari baja.

Contoh :

St 37	Baja berkekuatan tarik paling tidak 370 N/mm^2
St 50	Baja berkekuatan tarik paling tidak 500 N/mm^2
C 15	Baja berkadar karbon15/100 % = (0,015 %) tidak mampu keras



C 10	Baja berkadar karbon 10/100% (0,10 %) tidak mampu keras
St 60	Baja berkekuatan tarik paling tidak 600 N/mm^2
C 45	Baja berkadar karbon 45/100% (0,45 %)

Dalam standar Jepang (JIS), untuk baja kontruksi dinyatakan dengan huruf S. yang diikuti dengan angka kekuatan tariknya dalam kg/mm^2.

Untuk beberapa keperluan, terutama untuk konstruksi mesin, diperlukan baja dengan komposisi kimia yang terjamin. Dalam hal ini penggolongan baja didasarkan atas komposisi kimianya.

D I N menetapkan nama baja karbon dengan huruf St. C. yang diikuti oleh angka yang menunjukkan per seratus kandungan karbonnya dalam satuan persen.

Contoh :

- **St. C. 45** adalah baja karbon dengan kandungan karbonnya 0,45 %.
- **St. C 35** adalah Baja dengan kadar C = 0,35 %, mampu lantak dingin.

Sedangkan standar Jepang (JIS) menggunakan huruf S. yang diikuti oleh angka yang menunjukkan per seratus persen kadar karbonnya dan huruf C, yaitu misalnya S. 35 C ; S. 45 C ; S. 10 C : dan lain-lain.

Untuk baja paduan rendah (low alloy steel) dimana DIN menyatakan suatu jenis baja dengan kode berupa angka dan huruf, dan didahului dengan dua angka atau tiga angka yang menunjukkan kadar karbon dalam per seratus persen, diikuti dengan beberapa huruf yang menunjukkan nama kimia sebagai unsur paduan dan diikuti pula beberapa angka yang menunjukkan besarnya kandungan unsur-unsur paduan tersebut. Angka-angka yang menunjukkan per empat dalam persen untuk unsur-unsur paduan, sering dipergunakan dalam jumlah besar, yaitu antara lain ; Cr, Co, Mn, Ni, Si, dan W. Akan tetapi angka-angka yang menunjukkan per sepuluh dalam persen, untuk unsur-unsur yang penggunaannya biasanya dalam jumlah kecil, yaitu antara lain ; Al, Be, Pb, Cu, Mo, Nb, Ta, Ti, V dan Zr, dan juga yang menyatakan perseratus persen bagi unsur-unsur P, S, N, dan C.

Contoh :

- 15 Cr 3 adalah baja dengan paduan 0,15 % C dan $\frac{3}{4}$ % Cr.
- 13 CrMo44 adalah baja dengan paduan 0,13 % C, $\frac{4}{4}$ Cr, dan $\frac{4}{10}$ % Mo.
- 10 S 20 adalah baja dengan paduan 0,10 % C, dan 0,20 % S.

Untuk baja paduan tinggi (high alloy steel) sebelum angka yang pertama yang menunjukkan per seratus persen karbon diberi huruf X, dan angka-angka dibelakangnya adalah nama unsur paduan yang langsung menunjukkan persen untuk unsur-unsur paduan tersebut.

Contoh :

- X45CrSi9 adalah baja paduan tinggi dengan 0,45% C, 9% Cr, sedikit Si.
- X12CrNi18 8 adalah baja paduan tinggi dengan 0,12%C, 18%Cr, 8%Ni.

A I S I (American Iron and Steel Institute) dan S A E (Society of Automotive Engineers) menyatakan spesifikasi baja dengan empat atau lima angka, angka yang pertama menunjukkan jenis bajanya, angka 1 untuk baja karbon, angka 2 untuk baja nikel, angka 3 untuk baja nikel kromium dan sebagainya.

Angka kedua, pada baja paduan menunjukkan kadar unsur paduannya, misalnya baja 25XX berarti baja nikel dengan sekitar 5% Nikel. Dan pada baja paduan yang lebih kompleks angka kedua menunjukkan modifikasi jenis baja paduan, misalnya baja 40XX adalah baja molybdenum, 41XX adalah baja chrom-molybdenum, 43XX adalah baja nickel-chrom-molybdenum, dan lain-lain. Dua atau tiga, atau bila terdiri dari lima angka, angka yang terakhir menunjukkan kadar karbon dalam per seratus persen. Jadi baja 4340 adalah baja nickel-chrom-molybdenum dengan 0,40% C.



Pengelompokan Baja

Berdasarkan pemakaiannya, baja dapat diklasifikasikan dalam 2 (dua) kelompok yaitu :

- Baja Konstruksi.
- Baja Perkakas.

Dari kedua kelompok baja tersebut diatas masih juga dapat digolongkan dalam 3 (tiga) macam yaitu :

- Baja tanpa paduan.
- Baja paduan rendah.
- Baja paduan tinggi.

Dan dari ketiga macam tersebut diatas, baja juga memiliki ciri-ciri yaitu sebagai berikut :

- Baja tanpa paduan.
  Mengandung 0,06 s/d 1.5% C. dan dengan sedikit Mangan (Mn), Silisium (Si), Posphor (P), dan Belerang (S).
- Baja paduan rendah :
  Mengandung 0,06 s/d 1,5 % C. dan ditambah dengan bahan paduan maksimum 5 % (kurang dari 5 %).
- Baja paduan tinggi :
  Mengadung 0,03 s/d 2,02 % C. dan ditambah dengan bahan paduan lebih dari 5 % bahan paduan.

1. Baja konstruksi.

Baja konstruksi banyak dipergunakan untuk keperluan konstruksi-konstruksi bangunan, pembuatan bagian-bagian mesin, dan untuk jembatan-jembatan.

Berdasarkan campuran dan proses pembuatannya, baja konstruksi tersebut dapat dibagi dalam 3 (tiga) kelompok yaitu :

- Baja karbon.
- Baja kwalitet tinggi.
- Baja spesial.

Baja konstruksi tersebut dalam penggunaannya ditentukan oleh kekuatan tarik minimumnya. Kekuatan tarik dari baja konstruksi ini akan



semakin besar, bila kandungan karbon dari baja tersebut semakin tinggi. Akan tetapi dengan semakin tingginya kandungan karbon, maka baja akan menjadi rapuh. Demikian pula kemampuan untuk dikerjakan dengan cara panas, cara dingin, dan dengan mesin perkakas hasilnya akan menjadi lebih jelek.

Baja konstruksi tersebut mempunyai 2 (dua) group kwalitet, yang biasanya dilakukan dengan pemberian nomor kode 2 dan 3.

Contoh :

- St. 44 – 2 ⇒ 2 menunjukan kode baja berkwalifikasi tinggi.
- St. 44 – 3 ⇒ 3 menunjukan kode baja berkwalifikasi istimewa.

Bila kandungan karbon 0,14 – 0,25 %, maka baja konstruksi tersebut akan lebih kuat, tetapi kemampuan regangnya kurang baik. Baja konstruksi bisa dilas, ditempa, dan dibentuk dengan mesin, tetapi tidak bisa dikeraskan walaupun diberi pemanasan. Untuk aplikasi yang dipentingkan adalah baja tersebut biayanya murah, kuat, dan berdaya regang bagus. Terdapat sejumlah komposisi untuk baja konstruksi dan pilihan-pilihan bergantung pada keperluan. Komposisi yang biasa dipakai adalah Karbon (C) 0,15 % - 0,25 %; Posfor (P) maks. 0,06%; Manganese (Mn) 0,4 – 0,8 % ; Sulfur (S) maks. 0,06 % ; Silikon (Si) maks.0,15 %.

Sifat-sifat mekanisnya adalah :

- Kekuatan tarik maksimum 4,3 x 10^2 N/mm^2
- Perpanjangan / regangan minimum 25 %
- Nilai Izod impact minimum 44 joule.

Tabel tipe baja konstruksi.

Tipe Baja	**Unsur Paduan dalam %**					**Kegunaan**
	C	**Mn**	**Ni**	**Cr**	**Mo**	

½ % Mangan	0,3	1,6	-	-	-	Untuk Chankshaft, connecting rod (batang penghubung), axle (poros), baut regangan tinggi, dan stud
½ % Mangan - Molybden	0,35	1,6	-	-	0,25	Digunakan untuk tujuan yang sama dengan baja manganese 1 1/2 %
1 % Khrom - Molybden	0,4	0,8	-	0,9	0,2	Untuk baut , motor axle, crankshaft
3 1/4% Nikel – Khrom - Molybden	0,3	0,5	3,2	0,75	0,25	Untuk aero dan auto crankshaft, gear shaft.
2 1/2 % Nikel – Khrom - Molybden	0,3	0,6	2,5	0,6	0,6	Untuk axle truk dan traktor, transmission shaft.

2. Baja Karbon.

- **Baja karbon rendah**

  Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon sedikit lebih tinggi dari pada rata-rata kandungan karbon pada baja karbon, oleh karena itu baja tersebut lebih kuat, tetapi kemampuan regangnya kurang. Baja ini dipakai sebagai bahan untuk membuat balok, neraca timbangan, plat untuk gedung-gedung, jembatan dan kapal-kapal.

  Komposisinya yang umum adalah: Karbon (C) 0.03 % ; Sulfur (S) 0,05 % maks; Manganese (Mn) 0,7 %; Fosfor (P) 0,05 % maks; Silisium (Si) 0,2 %.

  Sifat-sifat mekanisnya adalah :



- Kekuatan tarik maximum 6,93 x 10^2 N/mm^2
- Nilai Izod impact 88 joule.

➢ **Baja Karbon Medium.**

Baja karbon medium mempunyai kandungan Karbon (C) 0,35 % ÷ 0,5 %. Baja ini termasuk dalam kelompok baja yang dapat dibentuk dengan mesin dan dapat ditempa secara mudah, tetapi tidak bisa dilas semudah baja konstruksi dan baja struktural. Penambahan kandungan karbon akan mempertinggi kekuatan tarik tetapi mengurangi kemampuan regangnya. Baja karbon medium ini banyak digunakan apabila yang dipertimbangkan adalah kombinasi antara kekuatan dan kemampuan regang. Baja ini bisa digunakan untuk membuat shaft dan spindle (poros), crankshaft, axle, gear dan barang-barang tempa untuk komponen - komponen lokomotif.

Komposisi unsur paduan umumnya adalah:

- Karbon (C) = 0,43 ÷ 0,5 %;
- Fosfor (P) = 0,05 % maksimum;
- Manganese (Mn) = 0,06 ÷ 0,09 % ;
- Sulfur (S) = 0,05 % maksimum ;
- Silikon (Si) = 0,15 ÷ 0,3 %.

Dan setelah dinormalkan pada temperatur 850 ^{0} C, sifat-sifat dari baja tersebut adalah sebagai berikut :

- Kekuatan tarik 6,93 X 102 N/mm^2
- Titik patah 3,85 X 102 N/mm^2
- Regangan 25 %
- Nilai izod impact 74 Joule.

➢ **Baja Karbon Tinggi (tidak termasuk baja tool).**

Kandungan karbon (C) 0,5 % ÷ 0,8 %. Baja ini memiliki kekuatan tarik, kekerasan dan ketahanan terhadap korosi yang lebih tinggi, tetapi kemampuan regangnya kurang, tidak mudah dilas, dan lebih sulit dibentuk dengan mesin dibandingkan dengan kelompok yang sebelumnya. Baja ini biasanya digunakan pada kondisi tempaan

dan pendinginan. Baja yang termasuk dalam kelompok ini digunakan untuk per daun dan spring koil besar (kandungan karbon pada baja yang digunakan untuk spring koil hingga mencapai 1,0%), rel kereta api, ban roda kereta api, dan tali kawat. Kawat yang digunakan untuk kabel baja didinginkan sampai kekuatan tariknya mencapai 11 sampai 20 x 10^2 N/mm^2.

Komposisinya yang umum adalah : Karbon (C) 0,6 % ; Fosfor (P) 0,05 %; Silisium (Si) 0,2 %.

Dua jenis baja yang diproduksi secara lokal untuk kelompok ini adalah :

- S 1058 dengan kandungan Karbon (C) 0,56 – 0,63 %.
- S 1067 dengan kandungan Karbon (C) 0,63 – 0, 73 %.

3. Baja Perkakas.

Kandungan karbon (C) 0,7 ÷ 1,4 %. Baja perkakas dibuat dalam kondisi yang terkontrol secara hati-hati untuk menghasilkan mutu yang diinginkan. Pada baja-baja ini kandungan manganese dijaga serendah mungkin untuk memperkecil kemungkinan terjadinya retakan selama pendinginan.

Komposisi yang umum dari baja karbon yang digunakan untuk membuat baja perkakas adalah: Karbon (C) 1,0% ; Sulfur (S) 0,04%; Manganese (Mn) 0,3% ; Fosfor (P) 0,04% ; Silisium (Si) 0,25%.

Baja perkakas dibuat dalam berbagai kelas untuk berbagai aplikasi. Pilihan kelas yang dipilih bergantung dari keperluan, seperti contohnya ujung pemotongan yang tajam atau tidak tajam, seperti pada stempel, atau tool yang harus menahan beban dan kondisi pelayanan seperti yang terjadi pada hand tools misalnya kampak, pick, dan perkakas penggali batu. Kelas karbon yang lebih tinggi digunakan untuk aplikasi-aplikasi seperti stempel, alat-alat pemotong logam, dsb.

Pemanasan yang diberikan untuk baja perkakas adalah dengan temperatur dari 760^0 ÷ 820^0 C dengan pendinginan air dan diikuti dengan penemperan dari 150^0 ÷ 320^0C bergantung pada kekerasan dan kekuatan yang diperlukan. Kekerasan yang diperlukan setelah penemperan berkisar antara 58 ÷ 64 H Rc.



4. **Baja Paduan.**

Penambahan unsur-unsur paduan akan dapat mempertinggi kemampuan pengerasan, kemampuan regang, stabilitas dalam kerja, dan daya tahan terhadap korosi dan panas. Unsur-unsur paduan akan dapat memperlambat transformasi melalui batas kritis selama pemberian panas, oleh karena itu baja paduan bisa didinginkan secara lebih lambat dibandingkan baja karbon biasa. Baja tersebut bisa didinginkan dengan oli atau dalam beberapa baja dengan semprotan udara. Peningkatan kemampuan regang pada baja paduan adalah yang paling penting. Walaupun baja karbon yang kekuatannya sama bisa dibuat sekuat baja paduan, baja karbon tidak akan memiliki kemampuan regang yang sama dan tidak memberikan servis yang sama dengan baja paduan yang kekuatannya sama.

Sifat-sifat penting dari baja paduan.

- **Kemampuan dikeraskan.**
  Keberadaan satu atau lebih elemen-elemen paduan dapat mempertinggi kemampuan baja untuk bisa lebih mudah dikeraskan dan dengan ketebalan / kedalaman yang lebih tinggi / dalam.
- **Stabilitas pada pengerasan.**
  Untuk tujuan tertentu seperti stempel gerakan pada pengerasan dapat dikurangi hingga sekecil mungkin. Baja stempel paduan tertentu memiliki sifat stabil pada proses pengerasan dalam tingkat yang tinggi.
- **Daya tahan terhadap aus.**
  Kekerasan akan mempertinggi daya tahan terhadap aus. Apabila khrom dan tungsten yang dipadukan ke baja, maka daya tahan baja terhadap aus akan bertambah.

- **Kekuatan.**
  Sifat ini secara umum berhubungan dengan baja karbon. Namun demikian , untuk aplikasi tertentu pada alat kerja seperti misalnya stempel uang logam, baja yang digunakan harus tahan terhadap hentakan/pukulan. Lebih jauh lagi, semua alat pemotong harus cukup kuat untuk dipakai memotong. Tingkat kekuatan yang diperlukan dicapai dengan proses tempa. Alat-alat dari baja paduan dan baja stempel yang bisa dikeraskan dan ditempa biasanya lebih kuat dari pada baja karbon biasa.
- **Ukuran grain.**
  Grain adalah hal yang penting . Baja perkakas yang ideal dihaluskan dengan baik. Pemanasan yang terlalu tinggi akan mengasarkan struktur baja dan ukuran grain akan semakin besar. Hal ini akan mengurangi nilai kekerasan dan oleh karena itu harus selalu dijaga agar tidak terjadi overheating. Vanadium digunakan untuk menghambat pertumbuhan grain.
- **Daya tahan terhadap penghalusan pada penempaan.**
  Sifat yang penting ini diperlukan pada baja perkakas berkecepatan tinggi dan baja stempel untuk pekerjaan panas. Tungsten dan molybdenum akan memberikan sifat ini pada baja jenis ini.
- **Daya tahan terhadap korosi.**
  Baja yang mengandung khrom lebih dari 11,5 % adalah tahan karat yang disebabkan oleh selaput kenyal oksida khrom yang ada dipermukaan baja. Jika selaputnya putus (misalnya akibat dari penghalusan) selaput tersebut akan terbentuk kembali. Bila khrom digabungkan dengan nikel, hasilnya akan membentuk baja yang sangat tahan terhadap korosi dan pengaruh panas.

Unsur-unsur paduan dan pengaruh-pengaruhnya terhadap baja.

- **Manganese (Mn).**
  Manganese dipadukan pada semua baja. Bila proporsi paduannya berkisar antara 1 sampai 1,6 %, akan dapat meningkatkan kemampuan untuk bisa dikeraskan dan dapat memperkaya sifat-sifat mekanis dari baja tersebut. Bila



manganese ada dalam jumlah yang besar akan menghasilkan baja yang mengeras yang mana kulit dari struktur yang dikeraskan akan muncul.

- **Khrom (Cr).**

  Khrom dapat mempertinggi kemampuan untuk bisa dikeraskan dan juga dapat mempertinggi sifat-sifat mekanik. Khrom, nikel dan kadang – kadang molybdenum seringkali dipadukan pada pembuatan baja. Bila kandungan khrom sekitar 11,5 % atau lebih tinggi, baja yang dihasilkan adalah baja yang tahan terhadap korosi, karena adanya lapisan kenyal oksida khrom yang ada dipermukaan.

- **Nikel (Ni).**

  Nikel bisa menambah kemampuan untuk dikeraskan dan kaya akan sifat-sifat mekanik bila dipadukan hingga mencapai 5 %. Bila dipadukan dengan khrom dalam jumlah yang besar akan menghasilkan baja yang tahan korosi dan tahan panas.

- **Tungsten (W).**

  Tungsten juga mempertinggi kemampuan untuk dikeraskan. Tungsten ini di padukan pada baja perkakas dan beberapa baja stempel panas untuk meningkatkan daya tahan terhadap aus dan daya tahan terhadap penghalusan pada penempaan.

- **Vanadium (V).**

  Vanadium meningkatkan kemampuan untuk dikeraskan dan sifat-sifat mekanisnya. Vanadium memperkecil ukuran grain dan merupakan elemen yang penting pada beberapa baja perkakas, baja karbon, dan baja konstruksi.

- **Molybdenum (Mo).**

  Molybdenum meningkatkan kemampuan untuk dikeraskan dan kaya akan sifat-sifat mekanis. Molybdenum sekarang digunakan dalam berbagai tipe baja bubut cepat, khususnya untuk baja yang digunakan untuk membuat gergaji dan bor. Bila dipadukan dengan Nikel Khrom akan dihasilkan paduan

baja berkekuatan tinggi dengan tegangan tarik melebihi 12 X 10^2 N/mm^2.

- **Kobalt (Co) dan Silikon (Si).**

  Unsur penting lain yang ditemukan pada baja paduan adalah Kobalt dan Silikon. Kobalt digunakan pada baja perkakas untuk meningkatkan “ketahan panas“yaitu kemampuan untuk tahan terhadap aus pada temperatur operasional yang tinggi. Silikon digunakan dalam pembuatan baja yang mempunyai kekuatan tinggi seperti untuk spring, tool dan baja stempel yang tahan terhadap hentakan / pukulan.

4. 1. Baja Paduan Rendah.

Banyak barang yang dibuat dari baja paduan rendah, karena penggunaan baja paduan rendah secara khusus diperlukan pada saat dimungkinkan terjadi penurunan berat (bila berat barang menjadi pertimbangan). Baja paduan rendah biasanya mengandung elemen paduan kurang dari 5 %. Baja paduan rendah memiliki kekuatan 10 hingga 30 % lebih besar dari baja karbon murni. Baja-baja ini sering kali disebut baja paduan rendah berkekuatan tinggi. Salah satu contohnya adalah bucket shovel bertenaga listrik. Secara kasar, bila berat bucket berkurang satu pound berarti bahwa bucket bisa mengangkat satu pound lebih banyak dengan tenaga yang sama. Suatu perusahaan mampu mengubah bucket shovel bertenaga listrik berkapasitas 5 ton menjadi kapasitas 6 ton dengan mengganti bucket yang terbuat dari besi tuang dengan bucket yang terbuat dari baja paduan rendah. Baja paduan ini sedikit lebih mahal dibandingkan baja karbon murni. Baja paduan lebih disukai karena ringan dan berkekuatan lebih tinggi. Cara pengelasan baja paduan karbon rendah adalah sama dengan cara yang diterapkan pada baja karbon murni.Semua proses las busur bisa digunakan untuk mengelas baja paduan rendah. Bila mengelas dengan Shielded Metal Arc Welding (SMAW), komposisi paduan dari elektroda harus sesuai dengan logam dasar. Komposisi



paduan ditunjukkan dengan kode huruf dan nomor di belakang tanda elektroda.

4. 2. Baja Tahan Karat (Stainless steel).

Berbagai macam baja yang dikenal sebagai baja tahan karat tersedia dalam jumlah yang besar dan kesemuanya mengandung berbagai macam kombinasi khrom (Cr) dan nikel (NI) dan juga ditambah dengan unsur-unsur paduan lainnya seperti Mo, Mn, Si dan lain-lain. Kandungan khrom minimum untuk mencapai baja tahan karat adalah sekitar ± 12%. Baja-baja jenis ini tahan terhadap korosi, tetap dalam wujud yang baik, bersih, dan memiliki kekayaan fisik yang baik.

Kodefikasi dari baja tahan karat menurut A I S I berbeda dengan kodefikasi untuk baja paduan. Untuk itu kodefikasi baja tahan karat menggunakan tiga angka, angka pertama menunjukkan groupnya, sedangkan angka kedua dan ketiga tidak begitu banyak arti, hanya menunjukkan modifikasi paduannya (lihat tabel dibawah).

Beberapa kodefikasi ditambah dengan huruf L pada digit ke empat misalnya 316 L, dimana L berarti memiliki kandungan karbon rendah.

Kodefikasi baja tahan karat.

Series	Groups
2 x x	Chromium-Nickel-Manganese, non hardenable, austenite, non magnetic.
3 x x	Chromium-Nickel, non hardenable, austenite, non magnetic.
4 x x	Chromium, hardenable, martensite, magnetic.
4 x x	Chromium, non hardenable, ferritic, magnetic.
5 x x	Chromium, low-chromium, heat-resisting.

Menurut struktur dari baja tahan karat, maka dapat dibagi dalam tiga klasifikasi yaitu :

- Baja tahan karat Austenitik (Austenitic stainless steel).
- Baja tahan karat Martensitik (Martensitic stainless steel).
- Baja tahan karat Ferritik (Ferritic stainless steel).

- **Baja Tahan Karat Austenitik (Austenitic stainless steel).**

Austenitic stainless steel mempumyai kandungan Chrom (Cr) yang tinggi sekitar ± (16% – 26%) dan mengandung paling sedikit 8% Nikel (Ni). Bila baja dipanaskan hingga mencapai temperatur tinggi di atas 727^0 C, disebut austenite. Austenite adalah larutan padat dari iron carbide (Fe_3C) pada besi. Baja tahan karat austenitik tetap austenitie pada temperatur ruangan. Khrom ditambahkan untuk membuat baja menjadi tahan karat dan nikel ditambahkan untuk membuat baja tetap austenite. Baja tahan karat austenitic diklafikasikan dalam baja chrom-nickel (seri 3 x x) dan baja chrom-nickel-mangan (seri 3 x x). Jumlah kadar chrom dan nickel tidak kurang dari 23 %, berstruktur austenik, non magnetik, non hardenable, mudah di hot-work, tetapi agak sulit di cold-work, karena dapat mengalami work hardening yang cukup baik. Jenis baja ini paling umum dipakai dalam dunia industri dan juga merupakan stainless steel yang paling mudah untuk di las, dengan menggunakan proses las yang biasa dipergunakan.

Austenitic stainless steel pada umumnya memiliki fase tunggal. Untuk itu selama proses pengelasan dapat terbentuk kristal ferrite didalam logam las dan didalam HAZ (heat affected zone). Pembentukan ferrite ini bisa berakibat positif yaitu dapat mencegah terjadinya hot cracking, yang menjadi masalah adalah pada baja austenitic penuh. Dan akibat negatif yang disebabkan oleh ferritic adalah menjadi mudah terserang korosi didalam beberapa media tertentu, terutama bilamana bajanya mengandung alloy Mo.

Austenitic stainless steel ini tidak dapat mengeras, tetapi tetap dibutuhkan proses pengelasan dengan low heat input dan low joint



temperatur (pemberian panas yang rendah). Ferrite dapat diubah menjadi fase sigma pada temperatur tinggi, dengan tambahan bahwa temperatur tinggi dapat menimbulkan masalah percepatan pembentukan karbida (carbide precipitation). Adanya fase sigma ini dapat mengurangi keuletan besi dan percepatan karbida dapat mendorong timbulnya korosi intergranular.

Tabel 1, dibawah ini adalah merupakan daftar baja tahan karat. Baja tahan karat type 201 dan 202 adalah sama dengan tipe 301 dan 302 kecuali jika manganese ditambahkan untuk menggantikan Nikel.

Baja tahan karat austenitik memiliki kekuatan yang sangat baik dan tahan korosi pada temperatur yang tinggi. Molybdenum ditambahkan untuk meningkatkan kekuatannya pada suhu yang tinggi. Baja tahan karat austenitik juga baik untuk penerapan pada temperatur yang rendah.

Tabel 1. Komposisi baja tahan karat austenitik.

A I S I Type	**C %**	**Cr %**	**Ni %**	**Other dalam %**
201	0,15	16 – 18	3,5 – 5,5	N. 0,25 ; Mn. 5,5 – 7,5 ; P. 0,06
202	0,15	17 – 19	4,0 – 6,0	N. 0,25 ; Mn. 7,5 – 10 ; P. 0,06
301	0,15	16 – 18	6,0 – 8,0	
302	0,15	17 – 19	8,0 – 10,0	
304	0,08	18 – 20	8,0 – 12,0	-
304 L	0,03	18 – 20	8,0 – 12,0	-
308	0,08	19 – 21	10,0 – 12,0	-
309	0,20	22 – 24	12,0 – 15,0	-
310	0,25	24 – 26	19,0 – 22,0	-
316	0,08	16 – 18	10,0 – 14,0	-
316 L	0,03	16 – 18	10,0 – 14,0	-
317	0,08	18 – 20	11,0 – 15,0	Si. 1,50

347	0,08	17 - 19	9,0 – 13,0	Mo. 2,0 – 3,0 Mo. 2,0 – 3,0 Mo. 3,0 – 4,0

- **Baja Tahan Karat Martensitik (Matensitic stainless steel).**

  Baja tahan karat martensitik adalah sangat keras dan tidak terlalu getas. Martensite dihasilkan dengan mendinginkan baja secara cepat dari fase austenite.

  Baja tahan karat martensitik memiliki kandungan Khrom yang cukup sehingga bila didinginkan di udara akan membentuk martensite. Baja tahan karat tersebut memiliki kandungan Khrom sekitar 12 hingga 18 % dan sedikit Nikel, dan biasanya tanpa Nikel. Dan juga memiliki kandungan karbo lebih tinggi yang membuat baja tersebut dapat diperkeras, berbeda dengan ferritic dan austenitic stainless steel.

  Martensitic stainless steel dipakai karena kekuatan mekanikal dan dan ketahanan terhadap korosinya. Akan tetapi baja ini lebih sukar dilas dari pada baja ferritic, karena terjadi pengerasan oleh udara yang selalu terdapat pada daerah yang keras atau kadang rapuh pada logam induk dekat sambungan las. Untuk menghindari hal tersebut perlu dilaksanakan adanya preheating, dan proses pengelasannya dilakukan pada suhu yang rendah dan tetap, dan jika hal ini tidak diketahui maka akan terdapat resiko hot cracking, hydrogen cracking dan pecahan yang rapuh pada daerah pengaruh panas (HAZ).

  Martensite dipanaskan untuk mempertinggi kekerasannya. Baja tahan karat martensitik sering kali dilas dengan memakai logam



pengisi austenitik (seri 300). Logam pengisi austenitik harus digunakan, bila pemanasan setelah pengelasan tidak diberikan dan juga baja tahan karat martensitik yang kandungan karbonnya tinggi sulit untuk dilas. Kelompok baja tahan karat martensitik ini bersifat magnetik, dapat dikeraskan, dapat di cold-work dengan mudah, terutama yang dengan karbon rendah, machinability cukup baik, ketangguhan baik, dan juga dapat di hot-work dan dapat memperlihatkan sifat tahan korosi terhadap cuaca, dan beberapa bahan kimia dengan baik.

Baja tahan karat martensitik adalah bagian dari seri 4XX. Beberapa komposisi baja tahan karat martensitik diperlihatkan pada tabel 2, dibawah ini :

Tabel 2. Komposisi baja tahan karat martensitik.

A I S I Type	Carbon %	Chromium %	Other %
410	0,15 max.	12	-
414	0,15 max.	12	2,0 Nikel
416	0,15 max.	13	0,3 Sulphur
420	0,15 max.	13	-
431	0,20 max.	16	2,0 Nikel

- **Baja Tahan Karat Ferritik (Ferritic stainless steel).**

  Baja tahan karat ferritik tidak dapat dikeraskan dengan cara pemanasan. Baja tersebut mengandung Khrom dalam jumlah yang besar, sehingga dapat memperkuat daya tahannya terhadap korosi. Baja paduan yang mengandung Khrom ± 15 ÷ 20 % akan mudah dilas. Baja paduan yang kandungan Khrom-nya sangat tinggi ($\geq$25%) sulit untuk dilas dan memiliki kekayaan mekanis yang jelek. Tabel 3 merupakan daftar komposisi baja anti karat ferritik.

Tabel 3. Komposisi baja tahan karat ferritik.

A I S I Type	Carbon %	Chromium %	Other %
429	0,12 max.	15	-
430	0,12 max.	17	-
434	0,12 max.	17	1,0 Molybdenum
442	0,20 max.	20	-
446	0,20 max.	25	0,15 Nitrogen

Paduan Khrom ± 15 ÷ 20 % membentuk martensite pada logam las. Daerah yang terkena panas mungkin sedikit mengalami penurunan dalam hal daya tahannya terhadap korosi. Untuk mengembalikan daya tahannya terhadap korosi, daerah pengaruh panas (HAZ), hasil pengelasan harus dikuatkan dengan pemanasan akhir (postheating), kemudian didinginkan pada ± 1300 ÷ 1550^0 F (±704 ÷ 843^0 C) secara perlahan-lahan.

- **Baja Khrom – Molybdenum.**

Baja khrom-molybdenum dengan jumlah khrom yang kecil 0,5% hingga 1% dan khrom dalam jumlah sedang 4% hingga 10%. Misalnya, tipe 501 atau 502 mengandung 5 % khrom dan 5 % molybdenum. Tipe 505 mengandung 9 % khrom dan 1 % molybdenum. Walaupun baja tersebut mengandung khrom kurang dari 12 %, baja tersebut masih punya daya tahan yang baik terhadap korosi. Baja khrom-molybdenum yang lain memiliki kandungan khrom dan daya tahan terhadap korosi yang lebih rendah. Khrom bervariasi antara 1% dan 3%, Molybdenumnya masih 5% hingga 10%.

Baja khrom-molybdenum digunakan pada temperatur tinggi, misalnya dengan uap temperatur tinggi 1100 – 1200^0 F (593 – 649^0 C). Baja ini memiliki yield strength dan creep strength yang baik pada temperatur tinggi. Yield strength adalah titik di mana logam berada pada kondisi permanen saat beban atau tekanan dilepas. Creep strength adalah kemampuan logam untuk bertahan

terhadap peregangan yang pelan dengan tekanan beban secara terus menerus. Baja khrom-molybdenum bila dilas dengan elektroda, maka elektroda tersebut harus mempunyai komposisi yang sama. Proses pra-pemanasan (preheating) dan pemanasan interpass diperlukan.

Pemberian panas setelah pengelasan (postheating) sangat dianjurkan untuk sambungan lasan penahan yang besar. Pemberian panas setelah pengelasan dilakukan sebelum hasil lasan dingin. Baja bisa didinginkan dan dipanaskan untuk mendapatkan kekerasan atau dipanaskan kemudian didinginkan untuk mendapatkan baja yang kekerasannya rendah dan lentur. Elektroda austenitik bisa digunakan untuk mengelas baja khrom-molybdenum.

- **Pemberian Panas Pada Pengelasan Baja Tahan Karat.**

  Hampir semua baja tahan karat diberi pra-pemanasan sebelum proses pengelasan dilaksanakan. Biasanya temperatur panas yang diberikan sekitar 300^0 hingga 600^0F (149^0 – 316^0C). Baja khrom-molybdenum dan martensitik memerlukan pemanasan interpass dan pemanasan setelah pengelasan untuk mencegah terjadinya retakan dan untuk mendapatkan sifat-sifat yang diperlukan.

  Baja anti karat ferritik dan austenitik sering kali memerlukan pemanasan setelah dilas untuk mendapatkan sifat-sifat yang di-inginkan. Mereka juga diberi panas untuk mengurangi tekanan pada lasan. Pemberian panas setelah pengelasan (postheating) juga dapat meningkatkan daya tahan terhadap korosi dan logam las dan daerah yang terkena panas.

Tabel. Compositions of Nickel base alloys.

ALLOY	% Ni	% Cr	% Fe	% Cu	% Mo	% Co	% C	% Al	% W	% Cb
Monel alloy 400	66,5	-	1,25	31,5	-	-	-	-	-	-
Monel alloy 502	66,5	-	1,00	28,0	-	-	0,05	3,00	-	-
Monel alloy 600	76,0	15,5	8,00	0,25	-	-	0,08	-	-	-
Monel alloy 601	60,5	23,0	14,1	0,50	-	-	0,05	1,35	-	-
Monel alloy 718	52,5	19,0	18,5	0,15	3,05	-	0,04	0,50	-	5,13
Hastelloy alloy B	61,0	1,0	5,0	-	28,0	2.5	0,05	-	-	-
Hastelloy alloy C	54,0	15,5	5,0	-	16,0	2,5	0,08	-	4,0	-
Hastelloy alloy D	82,0	1,0	2,0	3,0	-	1,5	0,12	-	-	-
Hastelloy alloy G	46,0	22,25	19,9	2,0	6,5	-	0,03	-	0,5	2,12
Hastelloy alloy X	47,0	-	18,0	-	9,0	1,5	0,10	-	0,6	-

Baja / Besi Tuang.

Dengan mencampur besi murni dan karbon (4,3%C), maka titik leburnya dapat diturunkan dari 1534^{0}C (besi murni) menjadi 1147^{0}C. Penurunan tersebut dalam skala industri dapat digunakan untuk menciptakan besi tuang (cast-iron). Oleh karena itu besi tuang memiliki kandungan karbon tinggi antara 2 – 5% C yang tentunya akan mempengaruhi sifat mampu lasnya. Dan lagi pula kandungan pospor dan sulfur nya sering lebih tinggi dari pada baja karbon, karena itu pula akan dapat mempengaruhi sifat mampu lasnya. Besi tuang, terutama yang mempunyai kandungan karbon tinggi (2 – 5%C) dapat menurunkan sifat kelenturan, kekerasan, dan kekuatannya, dan secara keseluruhan merupakan bahan yang sangat rapuh. Untuk meningkatkan kemampuannya dan mengembalikan kemampuannya, maka tambahan kandungan seperti ketahanan terhadap panas, karat, dan keausan seharusnya dipertinggi, sehingga besi tuang tersebut sering dijadikan alloy dan di heat treated, sehingga terbentuk beberapa golongan yaitu sebagai berikut :

- Besi tuang abu-abu adalah besi tuang yang telah didinginkan dengan sangat pelan dari temperatur kritisnya pada pasir atau tungku api dan mempunyai mikrostruktur yang terdiri dari serpihan

graphite yang terdistribusi dalam matrik ferrite, pearlite, atau keduanya. Karena graphite sama sekali tidak memiliki kekuatan, oleh karena itu dalam fase ini sering terjadi perpecahan. Dan karena graphite berwarna abu-abu, maka permukaan yang pecah akan tampak berwarna abu-abu. Jadi nama abu-abu diambil dari warna retakannya. Sesuai dengan mananya, besi tuang abu-abu mengandung 4,5% C dan mengandung lebih dari 3% Si. Warna abu-abu dihasilkan dari serpih grafit pada matriks besi dan karbit besi. Beberapa jenis besi tuang mengandung sejumlah besar sulfur dan phopor yang membuatnya sulit untuk dilas. Sedangkan pada pengecoran modern, kandungan alloy dapat ditentukan, dan pengelasannya lebih sering berhasil tanpa banyak kesulitan. Pada akhir proses pengelasan biasanya semua hasil lasan besi tuang dipanasi (postheating) dan didinginkan secara pelan-pelan untuk mendapatkan besi tuang abu-abu.

- Besi tuang putih adalah besi tuang yang didinginkan secara cepat setelah dituangkan. Nama besi tuang putih berasal dari warna retakannya, dan besi tuang ini sangat keras dan sangat tahan terhadap keausan, sering digunakan untuk berbagai kegunaan. Komposisinya hampir sama dengan besi tuang abu-abu, namun kandungan silikonnya sedikit lebih rendah. Kadang-kadang besi tuang putih ini juga dipadukan dengan stabilisator karbida seperti Cr, Mo, dan V.

  Mikrostrukturnya terdiri dari karbida yang terdistribusi dalam matriks martensitic atau pearlitic. Karbidanya sangat keras dan rapuh, yang menyebabkan permukaannya berwarna putih, sesuai dengan namanya.
- Besi tuang temper adalah besi tuang putih yang diberi pemanasan. Tuangannya dipanaskan hingga 1400^{0}F (760^0 C) selama 24 jam untuk setiap ketebalan satu inci dan kemudian didinginkan secara pelan-pelan. Pemberian panas ini membuat karbon membentuk bintik-bintik atau bola-bola karbon kecil pada matrix besi karbon rendah.

- Besi tuang nodular dihasilkan dengan menambah sedikit magnesium pada besi tuang dan akan membuat graphite, kemudian membentuk nodule atau bola-bola kecil yang dengan seragam tersebar diseluruh struktur logam. Logam ini ductility (mudah untuk dibentuk) yang lebih besar dari bentuk-bentuk besi tuang lainnya.
  Dalam keadaan di annealing akan dapat mengembalikan kemampuan mekanis dan besi tuang ini bisa ditempa, dan juga besi tuang nodular semuanya bisa dilas. Pemberian prapemanasan diperlukan dan besi-besi tuang ini biasanya memerlukan pemanasan setelah dilas.

2.1.3. *Rangkuman*

Pemakaian baja sebagai satu-satunya bahan teknik baik secara teknis maupun secara ekonomis semakin hari semakin meningkat, hal ini dikarenakan baja memiliki berbagai keunggulan dalam sifat-sifatnya, pemakaiannya sangat bervariasi dan hampir mencakup semua aspek kebutuhan bahan teknik seperti industri pemesinan, automotive, konstruksi bangunan gedung, industri pertanian hingga kebutuhan rumah tangga.

Penggolongan / standarisasi bahan teknik atau baja khususnya menjadi sangat penting untuk memberikan kemudahan bagi konsumen secara luas, terutama dalam memilih dan menentukan jenis baja yang sesuai dengan kebutuhannya, biasanya pemakai bahan dari baja sebagai bahan baku produknya akan mempertimbangkan jenis dan golongan dari baja tersebut.

2.1.4. *Tugas*

- Buat kelompok-kelompok 3-4 orang siswa.
- Amati bahan-bahan logam dasar las yang ada disekitar mu.
- Catat dan kelompokan kemudian kamu diskusikan.
- Pesentasikan didepan kelas hasil kerja kelompokmu.

2.1.5. *Tes Formatif*

1. Sebutkan sifat-sifat mekanik dari bahan yang terpenting !
2. Sifat bahan yang bentuk fisiknya kembali seperti semula jika beban dilepas disebut apa !

3. Kemampuan bahan terhadap beban luar sehingga bahan tidak mengalami patah disebut apa !
4. Apa yang dimaksud dengan kode baja St 60 menurut standarisasi DIN ?
5. Apa yang dimaksud dengan kode baja S. 45 C menurut standarisasi Japan ?
6. Berikan contoh pengkodean baja paduan rendah !
7. Berikan contoh pengkodean baja paduan tinggi !
8. Sebutkan 2 kelompok baja berdasarkan pemakaiannya !
9. Sebutkan 3 (tiga) klasifikasi baja tahan karat menurut strukturnya !
10. Sebutkan 3 (tiga) golongan baja /besi tuang menurut strukturnya !

2.1.6. *Lembar Jawaban Tes Formatif*

1. ....
   ....
   ....
   ....
2. ....
   ....
   ....
   ....
3. ....
   ....
   ....
   ....
4. ....
   ....
   ....
   ....
5. ....
   ....
   ....
   ....

6. ....
....
....
....

7. ....
....
....
....

8. ....
....
....
....

9. ....
....
....
....

10. ....
....
....
....



2.1.7. *Lembar Kerja Peserta didik*

Kelompok :

Nama nggota : 1.

: 2.

: 3.

: 4.

NO	Nama Bahan	Sifat Fisik	Sifat Kimia
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

2. 2. Kegiatan Belajar 2 : Perlakuan Logam Dasar Pengelasan

2.2.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah pembelajaran siswa dapat:

- Menentukan peralatan las, pengesetan dan alat bantu yang digunakan.
- Menyiapkan bahan untuk pengelasan.
- Menjaga keselamatan dan kesehatan kerja.
- Menggunakan alat-alat yang sesuai dengan fungsi dan kegunaannya.
- Bekerja berdasarkan prosedur operasi standar.

2.2.2. Uraian Materi

Persiapan Material untuk Pengelasan

Dalam melakukan pengelasan, hal yang penting harus dilakukan sebelumnya adalah persiapan-persiapan untuk mendukung kelancaran dan keselamatan dalam pelaksanaan pengelasan tersebut. Mutu dan hasil pengelasan disamping tergantung dari pengerjaan hasil lasnya juga sangat tergantung dari persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan. Kelancaran dan efektivitas hasil pengelasan juga ditentukan oleh persiapan pelaksanaan pengelasan, karena itu diperlukan persiapan yang matang, tersedianya peralatan / perlengkapan dan mudah dijangkau perlengkapan disekitar tempat kerja las. Karena itu persiapan pengelasan harus mendapat perhatian dan pengawasan dalam pelaksanaan pengerjaan pengelasan. Persiapan tersebut antara lain terdiri dari :

1. Persiapan secara teoritis

Untuk menghasilkan sambungan las yang baik, maka sebagai pelaksana pengelasan secara teoritis harus sudah diketahui atau dipahami hal-hal sebagai benikut yaitu antara lain:

a. Pengertian dasar pengelasan yang baik. Misalnya: Mengetahui berbagai jenis kampuh las dan segala ukurannya, mengetahui cara pengaturan arus pada setiap alur las dan segala akibatnya,

dapat memilih elektroda sesusi dengan maksud dan tujuan dari pengelasan.

b. Pengertian tentang segi-segi keselamatan kerja sehubungan dengan pelaksanaan pengelasan. Misalnya: segi-segi yang menyangkut keselamatan manusia dan langkah-langkah pencegahan kecelakaan dan hal-hal lain yang perlu untuk menjamin cara pengelasan yang memenuhi syarat-syarat kesehatan. Segi-segi keselamatan yang menyangkut manusia disini adalah termasuk resiko pelaksanaan pengelasan yang membahayakan masyarakat umum.
c. Pengertian secukupnya cara membaca gambar konstruksi, membuat sketsa, mengukur konstruksi dan sebagainya.
d. Pengertian/pengetahuan tentang ilmu bahan. Misalnya: penyambungan yang benar antara dua bahan yang berbeda, mengetahui jenis-jenis elektroda sesusi dengan penggunaannya, pergerakan bahan akibat panas *(up-setting)* dan penghapusan tegangan sisa *(residual stress).*

2. Persiapan secara praktis

Persiapan secara praktis yang dimaksud adalah persiapan-persiapan yang harus dilakukan sebelum pelaksanaan / praktik las dilakukan. Persiapan praktis ini antara lain adalah persiapan peralatan, yang meliputi alat-alat baku (utama), alat-alat keselamatan dan alat-alat bantu (tidak pokok).

a. Alat-alat baku, misalnya: Mesin las (transformer dan generator), tangkai / pemegang elektroda, penjepit benda kerja, kabel las dan elektroda las.
b. Alat-alat keselamatan/perlengkapan kerja personal, misalnya: topeng las dengan kaca hitam nomor 10 - 12, sarung tangan las, pelindung dada / apron dari kulit, katel pak dengan leher yang dapat ditutup, tempat elektroda, palu, palu terak, sikat baja, kapur las, waterpas, sikat baja, tang las.

c. Alat-alat keselamatan umum, seperti blower (untuk menghisap asap las), alat pemadam kebakaran, tabir air (water screen), lampu sorot, alat pelindung nyala dan lain-lain.
d. Alat-alat bantu lainnya, seperti gerinda listrik dan sumber listriknya, botol oksigen, botol acetylene, dongkrak pipa, tang pengukur arus, pengatur arus dan lain-lainnya.

Semua peralatan yang dipersiapkan tersebut di atas harus diperiksa terlebih dahulu dengan teliti dan hati-hati, sehingga kita sudah merasa yakin bahwa semua peralatan dalam kondisi sebaik-baiknya dan siap untuk digunakan. Seperti pemeriksaan kabel-kabel las listrik dan sambungan-sambungan kabel las. Kabel las tidak boleh bocor, karena kabel yang bocor bila menempel pada logam dapat menimbulkan loncatan busur listrik. Loncatan busur listrik ditempat yang tidak bergeser akan mencairkan metal ditempat loncatan busur listrik tersebut berada dan lama-kelamaan dapat menembus metal tersebut. Begitu juga sambungan-sambungan kabel las harus dalam kondisi sebaik-baiknya sehingga tidak menimbulkan kebocoran busur listrik yang membahayakan.

Persiapan selanjutnya berupa pembersihan tempat kerja, pengaturan peralatan-peralatan sedemikian rupa sehingga memudahkan pelaksanaan pengelasan. Tidak kalah pentingnya adalah pemeriksaan daerah tempat bekerja. Apakah daerah tempat bekeria benar-benar sudah aman dari berbagai kemungkinan terjadinya kecelakaan akibat pelaksanaan pengelasan seperti bahaya kebakaran misalnya, harus benar-benar diperhatikan juga oleh pihak instruktor/pengawas maupun pelaksana pengelasan.

Setelah semua persiapan tersebut di atas siap untuk dilaksanakan, maka kampuh las dibersihkan dari berbagai jenis kotoran, seperti karat, cat, air, garam dan lain-lain, sebab kampuh yang kotor menyebabkan pengelasan tidak sempurna, bahan yang dilas tidak dapat menyatu dengan baik.

3. Persiapan Kampuh Las

Pembuatan persiapan las dapat di lakukan dengan beberapa teknik, tergantung bentuk sambungan dan kampuh las yang akan dikerjakan. Teknik yang biasa dilakukan dalam membuat persiapan las, khususnya untuk sambungan tumpul dilakukan dengan mesin atau alat pemotong oksi asetilen (brander potong). Mesin pemotong oksi asetilen lurus (*Straight Cutting Machine*) dipakai untuk pemotongan pelat, terutama untuk kampuh-kampuh las yang di bevel, seperti kampuh V atau X, sedang untuk membuat persiapan pada pipa dapat dipakai Mesin pemotong oksi asetilen lingkaran (brander potong).

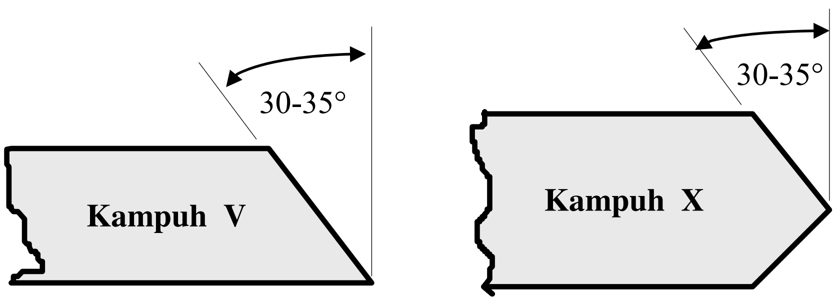
Namun untuk keperluan sambungan sudut yang tidak memerlukan kampuh las dapat digunakan mesin potong pelat (guletin) berkemampuan besar, seperti *Hidrolic Shearing Machine.*

Adapun pada sambungan tumpul perlu persiapan yang lebih teliti, karena tiap kampuh las mempunyai ketentuan-ketentuan tersendiri, kecuali kampuh I yang tidak memerlukan persiapan kampuh las, sehingga cukup dipotong lurus saja.

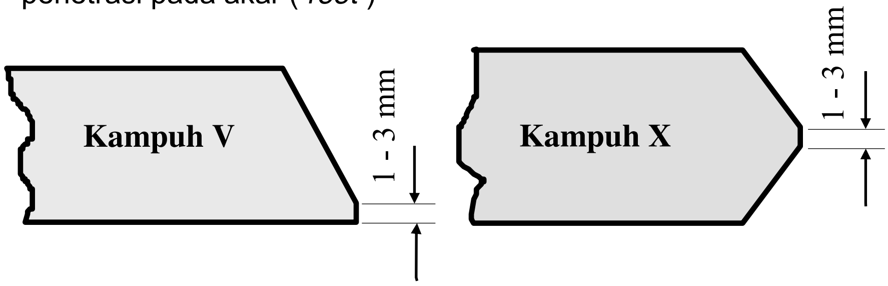
a. Kampuh - V dan X (Single Vee dan Double Vee)

Untuk membuat kampuh - V dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Potong sisi pelat dengan sudut (*bevel*) antara 30° - 35° dengan menggunakan pemotong oksi asetilen lurus (*Straight Cutting Machine*).



- Buat "*root face*" selebar 1 - 2 mm secara merata dengan menggunakan mesin gerinda dan atau kikir rata. Kesamaan tebal / lebar permukaan "*root face*" akan menentukan hasil penetrasi pada akar (*root*)



Persiapan kampuh

b. Kampuh U dan J.

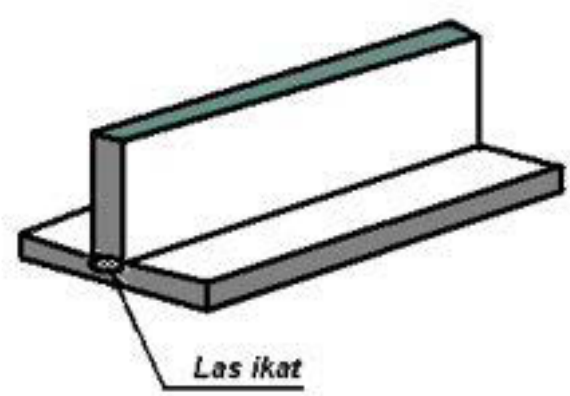
Pembuatan kampuh U dan J dapat dilakukan dengan dua cara :

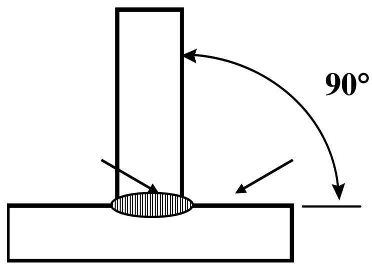
- Melanjutkan pembuatan kampuh V (*Single Vee*) dengan mesin gerinda sehingga menjadi kampuh U atau J.
- Dibuat dengan menggunakan teknik "las potong/gas gouging", kemudian dilanjutkan dengan gerinda dan atau kikir.

Setelah dilakukan persiapan kampuh las, baru dirakit (dilas ikat) sesuai dengan bentuk sambungan yang dikerjakan.

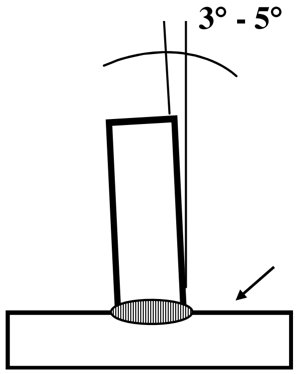
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan las ikat (*tack weld*) adalah sebagai berikut :

- Pada sambungan sudut cukup di las ikat pada kedua ujung sepanjang penampang sambungan atau dengan jarak tiap ± 150mm.
- Bila dilakukan pengelasan sambungan sudut (T) pada kedua sisi, maka konstruksi sambungan harus 90° terhadap bidang datarnya. Bila hanya satu sisi saja, maka sudut perakitannya adalah 3° - 5° menjauhi sisi tegak sambungan, yakni untuk mengantisipasi tegangan penyusutan / distorsi setelah pengelasan.





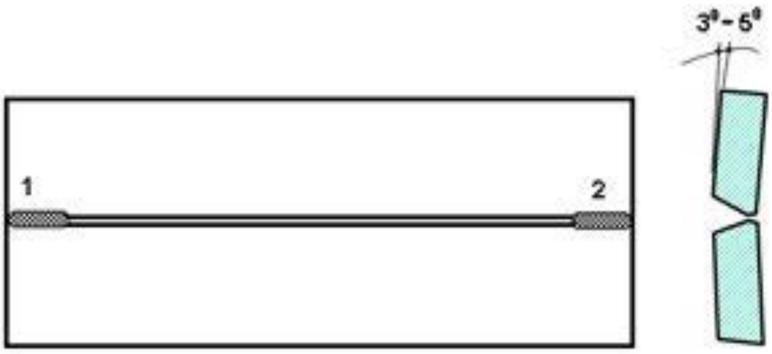
Dilas ke dua sisi



Dilas satu sisi

Pada sambungan tumpul kampuh V, X, U atau J perlu dilas ikat pada beberapa tempat, tergantung panjang benda kerja.

Untuk panjang benda kerja yang standar untuk uji profesi las (300 mm) dilakukan dua las ikat, yaitu kedua ujung dengan panjang las catat antara 15 - 20 mm.



4. Bentuk Sambungan Las

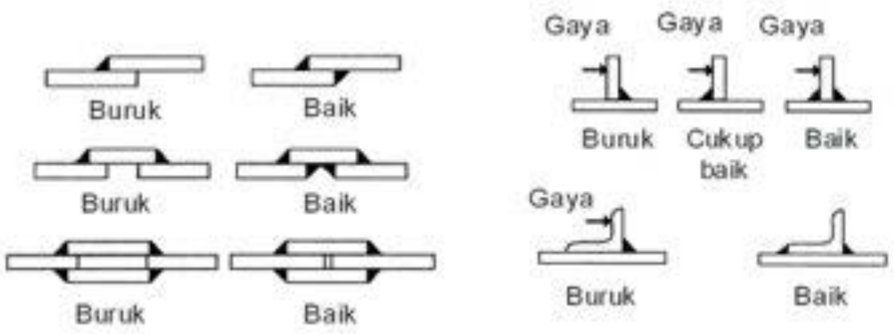
Disaat pembuatan produk-produk pengelasan, penting untuk merencanakan material pengelasan dan sambungan-sambungan las secara hati-hati agar hasilnya sesuai dengan yang diharapkan, menampilkan fungsi-fungsi model perencanaan. Disaat merancang sebuah sambungan las, tentukan rencana-rencana tersebut didalam format gambar.

Retak-retak pada struktur las disebabkan karena material, prosedur pengelasan dan rencana yang kurang baik, dsb. Dari penyebab-penyebab tersebut, rencana yang kurang baik menyebabkan hampir 50% keretakan. Perencanaan yang kurang baik yang menyebabkan retak, dapat disebabkan perhitungan kekuatan yang salah (perhitungan penentuan muatan dan tegangan), dan rencana struktur yang tidak tepat (jenis sambungan yang tidak tepat, garis bentuk yang terputus, dan material yang tidak tepat), dsb. Berikut ini adalah hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan dan yang harus diperhatikan ketika merancang sambungan.

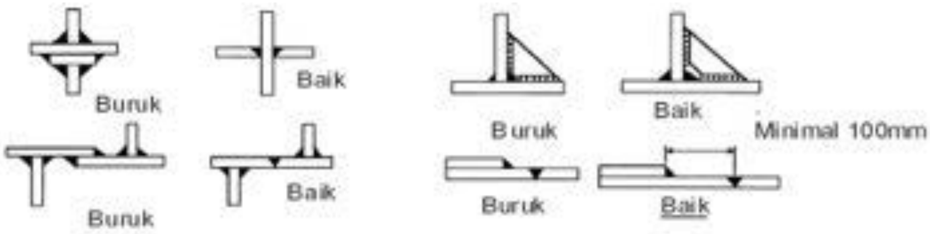
Yang harus diperhatikan ketika merancang/mendisain sambungan las
:

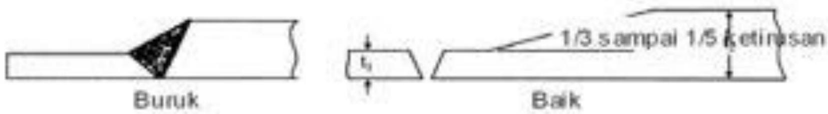
1. Agar diantisipasi bahwa tegangan sisa dapat mempercepat retak rapuh, pilihlah material yang memiliki sifat mampu las dan kekuatan takik yang baik, gunakan disain yang mudah untuk dilas dan lakukan pengurangan tegangan
2. Untuk menghasilkan sambungan dengan deformasi kecil dan tegangan sisa minimum, kurangi jumlah titik las dan jumlah endapan las
3. Minimalkan bending momen pada tiap-tiap daerah las
4. Hindari disain sambungan las dimana terjadi konsentrasi garis las, berdekatan satu sama lain atau berpotongan satu sama lain
5. Untuk mencegah konsentrasi tegangan, hindari struktur yang terpotong/terputus, perubahan tajam pada bentuk-bentuk tertentu, dan takik-takik

6. Pilihlah metode pemeriksaan dan kriteria cacat las yang dapat diterima, karena cacat las menyebabkan konsentrasi tegangan



Sambungan las yang baik atau buruk berdasarkan bending momen





Sambungan las tumpul antara dua logam yang berbeda ketebalan

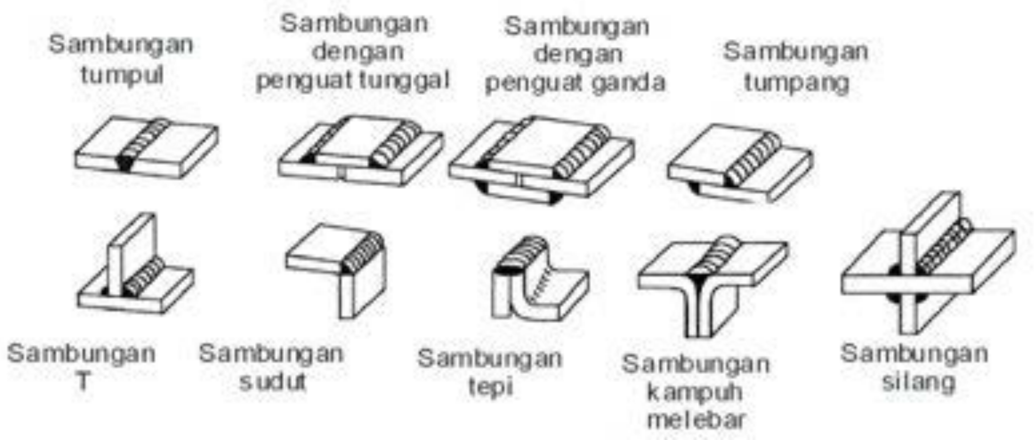
a. Sambungan Las

Pembuatan struktur las meliputi proses pemotongan material sesuai ukuran, melengkungkannya, dan menyambungnya satu sama lain. Tiap-tiap daerah yang disambung disebut **"sambungan"**.

Terdapat beberapa variasi sambungan las sebagai pilihan berdasarkan ketebalan dan kualitas material, metode pengelasan, bentuk struktur dsb. Berdasarkan bentuknya, sambungan las diklasifikasikan antara lain sambungan tumpul, sambungan dengan penguat tunggal, sambungan dengan penguat ganda, sambungan

tumpang, sambungan T, sambungan sudut, sambungan tepi, sambungan kampuh melebar dan sambungan bentuk silang.

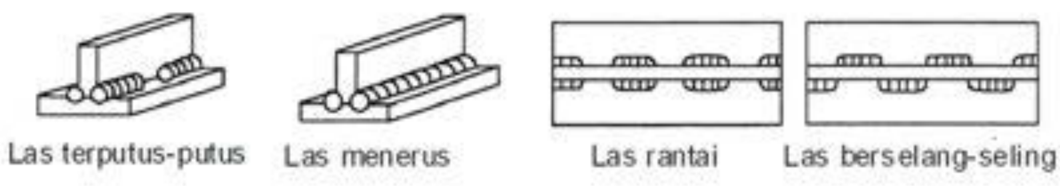
Sambungan-sambungan kampuh las dapat juga diklasifikasikan berdasarkan metode pengelasan, antara lain las tumpul, las sudut, las tepi, las lubang, dan lain-lain.



Sambungan las

b. Macam-macam las

Pengelasan sudut digunakan untuk mengelas sudut dari sambungan T atau sambungan tumpang. Las sudut pada sambungan T membutuhkan persiapan kampuh alur tunggal atau alur ganda jika diperlukan penetrasi yang lengkap. Las sudut dapat diklasifikasikan menurut bentuk las, antara lain las terputus-putus, las menerus, las rantai dan las berselang-seling



Macam-macam las sudut

2.2.3. Rangkuman

Persiapan pengelasan

a. Sambungan tumpul.

Macam-macam bentuk kampuh pada sambungan tumpul adalah :

- Kampuh I tertutup dan terbuka
- Kampuh V dan ½ V
- Kampuh X dan ½ X atau K
- Kampuh U dan ½ U atau J

b. Sambungan pinggir atau sambungan tepi

c. Sambungan tumpang

d. Sambungan sudut

Selain bentuk kampuh yang digunakan pada pengelasan juga diperlukan ukuran-ukuran kemiringan dan ukuran kaki lasan yang harus di buat untuk memungkinkan kampuh yang dibuat sesuai dengan tebal bahan serta standar yang berlaku karena dengan ukuran kampuh yang dibuat disesuaikan dengan ukuran standar maka diharapkan hasil lasan yang didapat akan sempurna.

Sebelum melakukan pengelasan dengan menggunakan sambungan las terlebih dahulu dilakukan pengikatan terhadap bahan yang dilas dengan menggunakan pengikat berupa klem atau dengan menggunakan las ikat, pengikatan dengan klem atau las ikat sangat penting digunakan untuk mempertahankan bentuk sambungan yang di buat juga digunakan untuk menghindarkan bahan yang dilas dari perubahan bentuk yang besar pada benda kerja waktu dilakukan pengelasan, penggunaan las ikat pada persiapan sambungan harus memperhatikan jenis bahan, tebal bahan yang akan di las dan kemungkinan perubahan bentuk yang terjadi akibat proses pengelasan serta bentuk konstruksi sambungan serta kondisi pengelasan yang akan dilakukan.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan pada penggunaan las ikat sebagai pengikatan sambungan sebelum di lakukan pengelasan, yaitu

- Ukuran las ikat.
- Jarak las ikat.

2.2.4. Tugas

1. Persiapan Las Sambungan T

Tujuan

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, siswa diharapkan mampu membuat persiapan sambungan sudut (T) pada pelat 8 mm menggunakan peralatan potong gas dengan memenuhi kriteria:

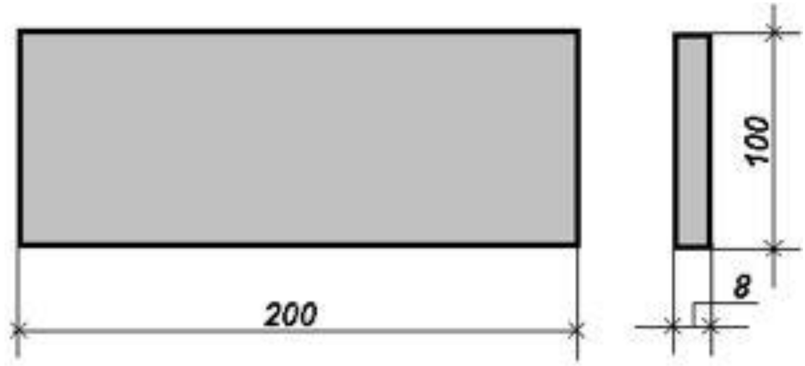
- Hasil potongan rata dan lurus
- Ukuran 70 x 200 x 8 mm
- Distorsi maksimum 5°
- Panjang las ikat 10 – 15 mm pada tiga tempat dan jarak simetris
- Konstruksi sambungan siku dan simetris dengan penyimpangan maksimum 5°

Alat dan Bahan

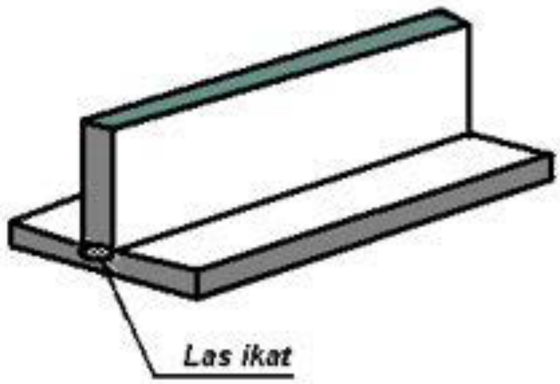
- **Alat**
  - Seperangkat alat potong las oksi asetilen (*Straight Cutting Machine*)
  - Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja pemotongan dengan oksi asetilen dan las busur manual
  - Satu set alat bantu las busur manual
- **Bahan**
  - Pelat baja lunak tebal 10mm
  - Satu set gas asetilin dan oksigen
  - Elektroda AWS-E 6013 ∅ 3,2mm

- **Keselamatan dan Kesehatan Kerja**
  1. Gunakan kacamata pengaman yang sesuai (shade 4 - 5 untuk pemotongan dan shade 10 - 11 untuk pengelasan).
  2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
  3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
  4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
  5. Hati-hati dengan benda panas hasil pemotongan.

- **Persiapan Bahan**



Persiapan Sambungan



- **Langkah kerja.**
  1. Siapkan peralatan potong gas dan bahan (pelat baja lunak 10 mm).
  2. Lukis garis potong sesuai gambar kerja.
  3. Tempatkan mesin potong gas di atas pelat yang akan dipotong, dan atur posisi tip potong tegak lurus terhadap pelat.
  4. Lakukan pemotongan sejumlah 2 buah (satu set sambungan T), sesuai ukuran yang ditentukan pada gambar kerja.
  5. Rapikan sisi potongan dengan menggunakan pahat (jika perlu) gerinda dan/atau kikir.
  6. Rakit dan las catat sambungan menggunakan elektroda E 6013 (Rutile) dengan konstruksi tegak lurus satu sama lain.
  7. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

- **Persiapan Las Sambungan Tumpul Kampuh V**

Tujuan

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, siswa diharapkan mampu membuat persiapan sambungan tumpul kampuh V pada pelat 10 mm dengan menggunakan peralatan potong gas oksi asetilen dengan memenuhi kriterai :

- Hasil potongan rata dan lurus
- Ukuran 100 x 300 x 10 mm
- Sudul bevel 30° - 35°
- *Root face* dan *root gap* 2mm, rata dan sama
- Distorsi maksimum 5°
- Panjang las catat 15 - 20mm pada tiga tempat dan jarak simetris
- Konstruksi sambungan rata dengan selisih maksimum 1mm

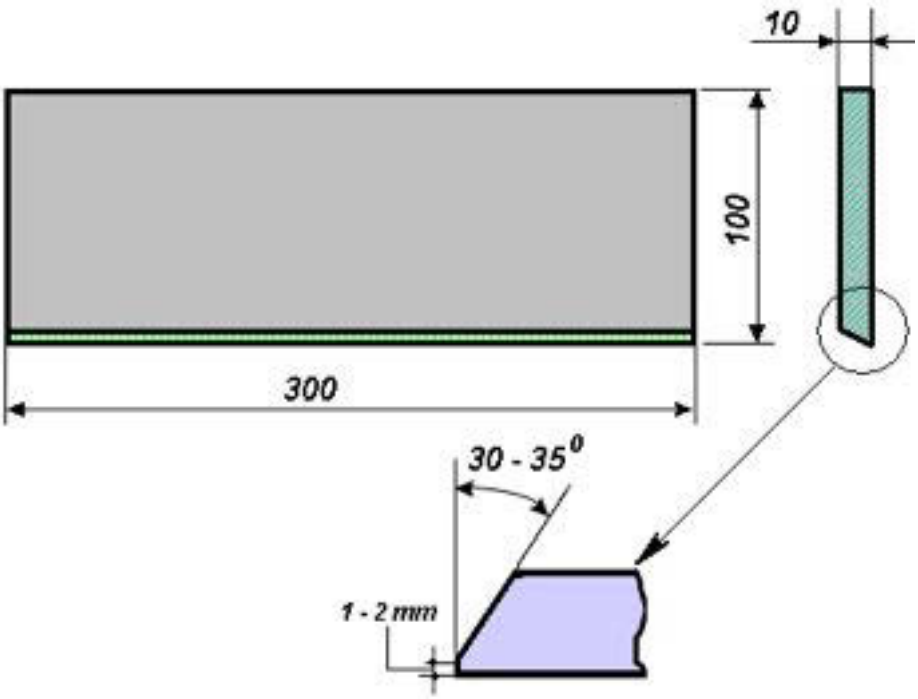
Alat dan Bahan

- **Alat**
  - Seperangkat alat potong las oksi asetilen (*Straight Cutting Machine*)
  - Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja pemotongan dengan oksi asetilen dan las busur manual
  - Satu set alat bantu las busur manual

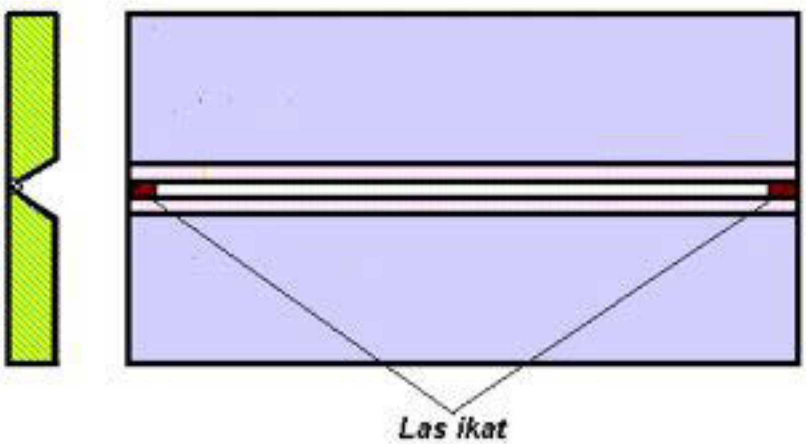
- **Bahan**
  - Pelat baja lunak tebal 10mm
  - Satu set gas asetilin dan oksigen
  - Elektroda AWS-E 6010/11 ∅ 3,2mm

- **Keselamatan dan Kesehatan Kerja**
  1. Gunakan kacamata yang sesuai (shade 4 - 5 untuk pemotongan dan shade 10 - 11 untuk pengelasan).
  2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
  3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
  4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
  5. Hati-hati dengan benda panas hasil pemotongan.

- **Gambar Kerja**
  - **Persiapan Bahan**



  - **Persiapan Sambungan**



- **Langkah kerja.**
  1. Siapkan peralatan las potong gas oksi asetilen dan bahan (pelat baja lunak 10 mm).
  2. Lukis garis potong sesuai gambar kerja.
  3. Tempatkan mesin potong gas di atas pelat yang akan dipotong, dan atur posisi tip potong 30° - 35° terhadap pelat.

4. Lakukan pemotongan sejumlah 2 buah (satu set sambungan tumpul), sesuai ukuran yang ditentukan pada gambar kerja.
5. Periksa hasil pemotongan, apakah sesuai dengan gambar kerja.
6. Gunakan mal sudut untuk memeriksa sudut potongan.
7. Rapikan sisi potongan dengan menggunakan pahat (jika perlu) gerinda dan atau kikir.
8. Rakit dan las catat sambungan menggunakan elektroda E6010/11 (*Cellulose*) dengan konstruksi kemiringan antara 3° - 5° dari permukaan rata.



9. Bersihkan dan dinginkan benda kerja .
10. Ulangi pekerjaan jika belum mencapai kriteria yang ditetapkan.



2.2.5. Tes Formatif

1. Sebutkan macam-macam jenis sambungan yang dapat digunakan pada pengelasan !
2. Sebutkan macam-macam jenis kampuh las yang dapat dibuat pada penggunaan sambungan tumpul !
3. Jelaskan alasan penggunaan kampuh las pada pengelasan pelat tebal dengan menggunakan sambungan tumpul !
4. Berapa jarak ideal gap pada pengelasan menggunakan kampuh las !
5. Berapakah ukuran sudut kampuh – V yang harus dibuat !
6. Sebutkan fungsi las ikat pada pengikatan sambungan las !
7. Berapakah ukuran las ikat yang harus di buat pada bagian ujung bahan yang disambung !
8. Berapakah ukuran jarak las ikat yang harus di buat pada bahan yang disambung, apabila bahan yang digunakan di atas 3 mm !

2.2.6. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. ....
   ....
   ....
   ....
2. ....
   ....
   ....
   ....
3. ....
   ....
   ....
   ....
4. ....
   ....
   ....
   ....

5. ....
....
....
....

6. ....
....
....
....

7. ....
....
....
....

8. ....
....
....
....



2.2.7. Lembar Kerja Peserta didik

Nama Pekerjaan :
Nama Peserta :
Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………
Selesai tanggal ……….. pukul …………….

NO	ASPEK	URAIAN
1.	K3	
2.	Peralatan kerja	
3.	Mesin las	
4.	elektroda	
5.	amper yang digunakan	
6.	Posisi pelat	
7.	Celah/gap	
8.	Gambar susunan	

Perlakuan Panas Logam Dasar Pengelasan

1. Deskripsi pembelajaran

Ketika kita melakukan proses pengelasan mungkin diperlukan perlakuan panas logam dasar (preheating dan atau postweld heat treatment). Preheating dan atau postweld heat treatment secara umum diperlukan untuk menjaga integritas dan mencegah karakteristik logam lasan yang tidak diinginkan. heat treatment harus dipertimbangkan untung dan ruginya secara masak dan berhati-hati karena biayanya tidak sedikit dan memerlukan perhatian serta tenaga yang lebih. Perlakuan panas logam dasar pengelasan adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat mekaniknya. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, ukuran butir dapat diperbesar atau diperkecil.

Perlunya perlakuan panas dilakukan adalah untuk mengurangi perubahan bentuk pada saat dikerjakan atau setelah dikerjakan atau hasil suatu konstruksi, merubah sifat-sifat bahan dan menghilangkan tegangan-tegangan sisa. Sebelum benda dikerjakan dilakukan perlakuan panas yang disebut perlakuan panas awal (preheating) sedangkan setelah benda dikerjakan disebut perlakuan panas akhir (postheating).

Beberapa jenis perlakuan panas adalah:

- Pengaruh dari pengelasan
- Perlakuan panas awal (preheating)
- Perlakuan panas sesudah pengerjaan (postheating)
- Normalizing paska pengelasan
- Pengerasan (hardening)
- Pengurangan kekerasan (tempering)
- Pelunakan (Annealing)

2. Kegiatan Belajar

2. 1. Kegiatan Belajar 3 - 4 : Perlakuan Panas Logam Dasar Pengelasan

2.1.1. *Tujuan Pembelajaran*

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini siswa dapat menentukan perlakuan panas logam dasar pengelasan pada Las Busur Listrik Manual (SMAW).

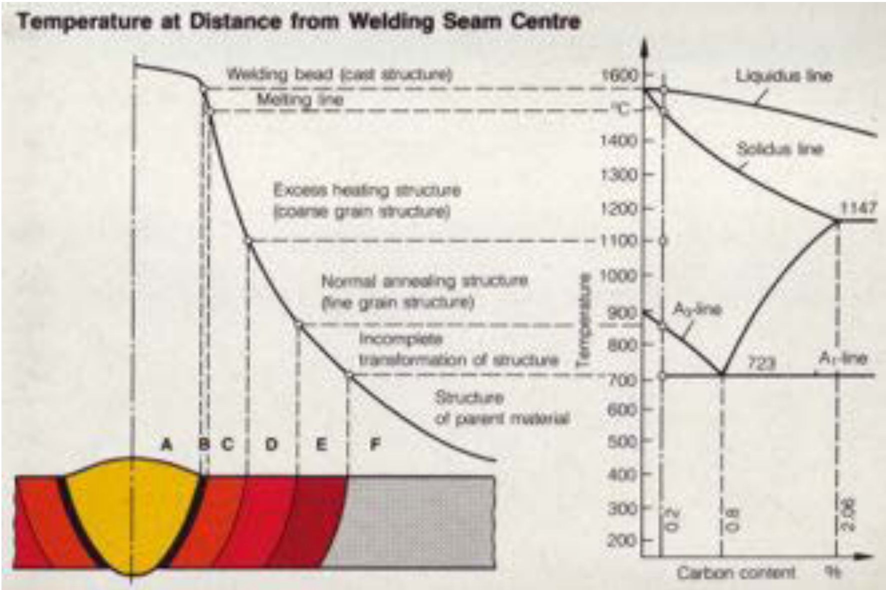
2.1.2. *Uraian Materi*

Prosedur heat treatment (perlakuan panas) dipakai untuk mengembalikan sifat-sifat asal logam (postweld heat treatment). Yaitu membebaskan logam dari internal stresses & strains (tekanan & tegangan intern) yang ditimbulkan oleh ekspansi dan konstraksi yang terjadi selama proses pengelasan. Selain itu juga memperbaiki sifat-sifat logam dibagian-bagian yang dilas dan yang terkena panas. Kebanyakan pengelasan baja struktural hanya melibatkan pengetahuan tentang cara yang dipakai untuk melakukan annealing dan stress relieving pada logam. Sebenarnya terdapat tiga jenis pemanasan pada logam yaitu: preheating, interpass heating dan postweld heat treating.

Ketika proses pengelasan berlangsung, logam di dalam dan di sekeliling weld joint dipanaskan dengan suhu yang beragam, tergantung dari berapa jauh jaraknya dari weld joint.

Karena pemanasan yang tidak merata, sifat-sifat logam seperti strength, ductility, grain size (besar butiran) dan sebagainya, di daerah pengelasan bisa terjadi perbedaan panas dengan daerah yang dipengaruhi oleh panas (HAZ=heat affected zone).

Sebagaimana salah satu dari enam daerah didalam sambungan las adalah daerah terimbas/pengaruh panas atau Heat Affected Zone (HAZ). Walaupun tidak sampai mengalami pencairan, namun daerah ini telah mengalami suhu tertinggi diluar suhu pencairan, sehingga menyebabkan perubahan struktur mikro. Untuk bahan yang mengandung unsur karbon yang cukup tinggi dan pendinginan yang cukup cepat akan menghasilkan martensit pada permukaan baja yang bersifat keras dan getas.



Pengaruh dari pengelasan.

Selama proses pengelasan, panas yang ditimbulkan dapat mengakibatkan sejumlah perubahan metalurgi pada logam sekitar las (daerah yang terkena pengaruh panas). Logam lasan (kampuh las) dan logam dasar disekitamya akan terkena pengaruh panas serta logam cair di bagian tengah lasan dan logam dasar yang jaraknya tidak terlalu jauh, sampai pada temperatur kamar. Semua logam akan memuai apabila dipanaskan dan mengkerut jika didinginkan, tetapi ini biasanya tidak memberi pengaruh yang merugikan. Namun demikian dalam kondisi tertentu, ini bisa mengakibatkan keretakan pada hasil lasan atau distorsi yang tidak diinginkan.

1. Struktur Butiran (grain structure).

Masalah utama yang berhubungan dengan pengaruh pengelasan pada struktur baja adalah " pertumbuhan butir " (grain growth). Pertumbuhan butiran adalah istilah yang digunakan untuk mendefinisikan pertumbuhan aktual beberapa butiran, karena adanya penyerapan butiran yang ada di sekitarnya.



Pertumbuhan butiran dan struktur butiran kasar yang dihasilkannya bisa disebabkan oleh :

- Pendinginan yang lambat dari cair ke padat.
- Membiarkan pada temperatur yang tinggi dalam waktu yang lama.
- Memanaskan kembali logam sampai temperatur di atas temperatur kritis atas.

Pengaruh adanya pertumbuhan butiran yang terjadi adalah sebagai berikut :

- Pengurangan kekuatan tarik (tensile strength).
- Pengurangan resistansi pukul takik (impact resistance).
- Pengurangan resistansi kelelahan (fatigue resistance).
- Peningkatan kemampuan pengerasan (hardenability).
- Peningkatan resistansi gerakan lambat (creep resistance).

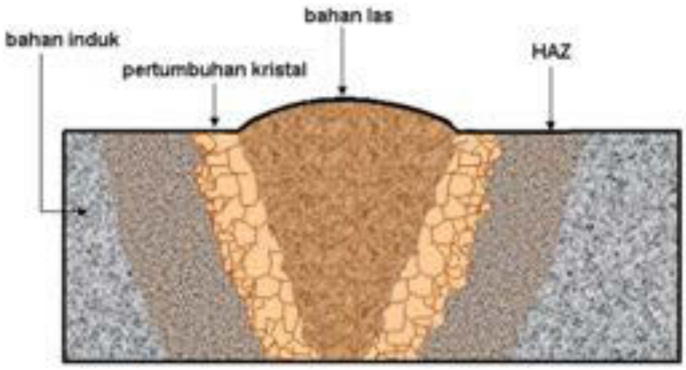
Pertumbuhan butiran disebabkan oleh pemanasan yang lama dan pendinginan yang lambat. Dan karena proses pengelasan yang berbeda memiliki input panas dan kecepatan pendinginan yang berbeda, maka pengaruh pengelasan pada struktur butiran akan bervariasi, ini tergantung pada sifat dan proses pengelasan yang digunakan.

Contoh proses pengelasan yang menghasilkan struktur butiran kasar yaitu :

- Proses pengelasan dengan proses las electro slag.
- Proses pengelasan submerged arc / las busur rendam.
- Proses pengelasan Oxy-acetylene (OAW).

Masing-masing proses di atas memiliki kecepatan pendinginan yang lambat dan input panas yang cepat. Dan proses pengelasan logam secara manual dan dengan gas cenderung memberikan panas yang jauh lebih terlokalisasi dan memiliki kecepatan pendinginan yang lebih cepat. Oleh karena itu, pertumbuhan butiran yang terjadi akan beragam. Penghalusan butiran justru lebih sering terjadi dalam pengelasan multi-pass.

Pengelasan multi-pass.



Pass pertama dalam pengelasan multi pass membentuk struktur butiran yang terbentuk dari kristal-kristal columnar yang serupa dengan struktur pengelasan single-pass. Jika pass berikutnya dibuat ketika masih dalam keadaan panas pada daerah pengelasan, maka pass kedua akan memiliki pengaruh pemanasan dan pengkristalan kembali dari pass pertama, hal ini akan mengakibatkan penghalusan pass kedua dan selanjutnya sampai pengelasan selesai. Penguat pengelasan yang dianggap surplus, memiliki struktur butiran yang kasar, tetapi logam las yang dipakai karena kekuatannya yang efektif tersusun dari butiran halus (lihat gambar diatas).

Penghalusan butiran yang dihasilkan dari pengelasan multi pass membuat logam las lebih kuat dan lebih keras. Akan tetapi, jika hasil pengelasan dibiarkan menjadi dingin di antara dua pass, maka hanya permukaan yang sebelumnya dilas yang akan menjadi halus.

2. Pengaruh Pengelasan pada Baja karbon.

Di dalam baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan tambahan sedikit paduan Silisium, Mangan, Posphor, Sulfur, dan Cupper. Adapun sifat dari baja karbon tersebut sangat tergantung pada kadar karbon yang dikandungnya, dan oleh karena itu baja karbon tersebut dapat dikelompokkan dengan berdasarkan kadar karbonnya, yaitu :

- **Baja karbon rendah (Low Carbon Steel).**

  Baja karbon rendah adalah suatu baja dengan mengandung kadar karbon kurang dari 0,30 % dan umumnya mudah dilas dengan berbagai cara pengelasan (proses las). Dalam pengelasan baja karbon rendah ini dapat dilakukan tanpa proses preheating dan postheating, dan dapat dihasilkan dengan baik. Akan tetapi faktor-faktor yang sangat mempengaruhi mampu las dari baja karbon rendah adalah kekuatan takik dan kepekaan terhadap retak las. Dimana retak las pada baja karbon rendah ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat yang tebal atau bila di dalam baja tersebut terdapat Belerang (S) bebas yang cukup tinggi. Dan juga retak las yang mungkin terjadi pada pengelasan pelat tebal tersebut dapat dihindari dengan melakukan proses preheating atau dengan menggunakan elektroda hidrogen rendah.

  Di dalam baja karbon rendah, tidak terdapat karbon yang cukup untuk membentuk martensite dengan pendinginan yang cepat. Oleh karena itu, kecepatan pendinginan tidak penting dalam hal ini. Akan tetapi pendinginan las yang cepat akan meningkatkan pembentukan kristal columnar dengan akibat hilangnya sifat mudah dibentuk dan meningkatkannya tekanan akibat penyusutannya tekanan akibat penyusutan. Pemanasan awal pada bagian-bagian yang tebal mungkin diperlukan untuk mengurangi kecenderungan-kecenderungan tersebut.

- **Baja karbon sedang (Medium Carbon Steel).**

  Baja karbon sedang tersebut mengandung karbon antara 0,30 % ÷ 0,45 % dan umumnya juga dapat dilas dengan berbagai proses las dengan hasil yang baik juga. Hanya saja baja tersebut bila dilas akan mempunyai kecenderungan pembentukan struktur martensit yang keras tapi getas/rapuh pada daerah lasan dan pada daerah daerah pengaruh panas (HAZ). Oleh karena itu dalam proses pengelasan baja karbon

sedang tersebut diperlukan adanya proses preheating, postheating ataupun diperlukan kedua-duanya.

Dengan melakukan proses preheating, maka benda kerja yang dilas akan dapat lebih lambat dalam proses pendinginannya, yang berarti dapat mengurangi terbentuknya struktur martensit yang keras tapi rapuh.

Dengan melakukan proses postheating yaitu proses pemanasan kembali benda kerja yang telah dilas, untuk mendapatkan hasil lasan yang ulet/liat (ductile).

Ketika kandungan karbon pada baja meningkat, kemungkinan pembentukan martensite juga meningkat. Selain itu jika jumlah karbon semakin banyak, martensite akan lebih keras dan lebih mudah pecah. Hal ini berarti bahwa baja karbon medium bisa menimbulkan masalah dalam proses pengelasan. Kecepatan pendinginan harus cukup lambat untuk menghindari terbentuknya martensite. Hal ini bisa dicapai dengan pemanasan awal untuk mencegah pendinginan yang terlalu cepat pada zona pengelasan akibat konduksi panas ke badan logam induk di sekitarnya.

- **Pengaruh akibat dilusi.**

  Dilusi adalah tingkat keterpengaruhan logam las yang mengendap dalam logam induk setelah pengelasan. Logam las terdiri campuran material pengisi yang digunakan dan logam induk yang dicairkan oleh fusi. Jumlah dilusi dipengaruhi oleh tingkat penetrasi. Dalam kebanyakan kasus, penyerapan karbon yang terlalu banyak ke dalam logam las harus dihindari karena hal ini akan menurunkan sifat mudah dibentuk dari las. Oleh karena itu harus menghindari fusi yang berlebihan dengan logam. Dilusi tidak akan timbul jika kandungan karbon relatif rendah. Pada baja karbon medium campuran 50% antara pengisi las dan logam induk, dilusi biasanya berada pada batas yang aman. Tetapi pada baja karbon tinggi, dilusi perlu kontrol yang saksama.

Jadi untuk mengelas baja karbon medium perlu diperhatikan karena :

- Baja karbon medium bisa menimbulkan keretakan pada zona yang terkena pengaruh panas akibat pembentukan martensite.
- Pemanasan awal diperlukan. Jika kandungan karbon lebih tinggi, temperatur pemanasan awal harus lebih tinggi.
- Penggunaan elektroda atau proses hidrogen yang rendah sangat dianjurkan.
- Jumlah penetrasi dan fusi logam induk, misalnya Ampere yang rendah harus dipertimbangkan.

➢ **Baja karbon tinggi (High Carbon Steel).**

Baja karbon tinggi mempunyai kandungan karbon $>$ 0,45 % dan proses pengelasan baja ini amat sukar karena besar sekali kemungkinannya untuk retak. Dalam pengelasan medium carbon steel maupun high carbon steel disarankan menggunakan kawat las/elektroda low hydrogen. Dan pengelasan baja tersebut disamping melakukan preheating juga melakukan postheating / tempering. Kadang-kadang pengelasan baja tersebut dilakukan dengan memakai kawat las/elektrode austenitic stainless steel untuk mendapatkan hasil yang mempunyai sifat ulet/liat pada sambungan las.

Akan tetapi dalam bagaimanapun juga pada daerah pengaruh panas (heat affected zona) tetap akan keras dan getas, karena adanya pengaruh panas dan pengaruh pendinginannya.

Untuk mengetahui sulit atau tidaknya baja karbon tinggi yang akan dilas dapat dilihat dari karbon equivalentnya. Tetapi bentuk ketebalan benda kerja juga perlu diperhatikan, karena ada kaitannya dengan panas yang harus diberikan dan kecepatan pendinginan setelah pengelasan.

Besar Carbon Equivalent dapat dihitung sebagai berikut :

$$C\ Eq = \%C + \%\frac{Mn}{6} + \%\frac{Mo}{4} + \%\frac{Cr}{5}$$

Baja dengan Carbon Equivalent :

$<$ 0,40 %. Pengelasannya tanpa preheating dan postheating dan juga menggunakan kawat las/elektroda low hydrogen. Tetapi bagaimanapun juga ability dari baja ini tergantung dari ketebalan benda kerja.

$>$ 0,40 %. Pengelasannya membutuhkan cara-cara tertentu yang khusus disamping preheating juga postheating ataupun kedua dari proses pemanasan tersebut.

Dengan mengetahui Carbon Equivalent dari baja-baja tersebut maka, dapat direncanakan proses pengelasan yang akan dilakukan.

Baja karbon tinggi akan mengeras secara draktis dengan kecepatan pendinginan yang lebih rendah dari pada baja karbon medium, contohnya martensite akan terbentuk walaupun dengan kecepatan pendinginan yang rendah. Hal ini membuat baja karbon tinggi lebih sulit untuk dilas, tetapi baja jenis ini bisa dilas dengan mengikuti prosedur yang direkomendasikan.

Masalah yang berhubungan dengan pengelasan baja jenis ini adalah :

- Pengerasan pada logam dasar yang berlebihan.
- Keretakan pada logam dasar.
- Keretakan pada logam las.
- Lubang gas pada logam las (berpori).
- Pelunakan pada logam dasar.

➢ **Pengerasan logam dasar yang berlebihan.**

Pembentukan martensite pada zona/daerah yang terkena pengaruh panas pada logam dasar bisa diperkecil dengan pemanasan awal dan pengelasan yang lambat. Kecepatan pengelasan yang rendah akan mengakibatkan input panas



yang lebih besar kecepatan pendinginan keseluruhan yang lebih kecil. Pada umumnya, menghilangkan titik-titik keras yang mudah pecah pada daerah yang terkena pengaruh panas (HAZ) sulit dilakukan dan pemanasan akhir (postheating) biasanya diperlukan.

- **Retak pada logam dasar.**

  Keretakan pada logam dasar biasanya terdiri dari dua jenis, keretakan bawah gumpalan dan keretakan akibat tekanan (radial).

  Keretakan bawah gumpalan berhubungan dengan kombinasi efek hidrogen dan martensite. Seperti pada baja karbon medium, hidrogen dikeluarkan dari larutan selama pendinginan dan menjadi terperangkap di dalam daerah yang terkena pengaruh panas. Jika logam dasar mudah dibentuk, maka logam akan memuai mengikuti tekanan yang diberikan oleh gelembung-gelembung hidrogen yang terperangkap di dalam daerah yang terkena pengaruh panas (HAZ) tersebut, dan tidak ada resiko keretakan. Namun dengan pembentukan martensite, sifat mudah pecah logam induk di daerah HAZ akan mencegah pemuaian mengikuti tekanan yang diberikan oleh gelembung hidrogen dan keretakan akan terjadi. Gejala ini disebut " keretakan bawah gumpalan (underbead cracking)" dan merupakan kejadian yang membahayakan karena keretaan biasannya terjadi dibawah permukaan dan sulit dideteksi sekalipun dengan radiografi. Kecenderungan keretaan yang disebabkan oleh hidrogen sering disebut " Hydrogen Embrittlement "

  Karena akibat atau disebut juga keretaan radial, disebabkan oleh tekanan menyusut akibat pendinginan logam las. Keretakan ini biasanya berawal dari dasar atau sepanjang garis fusi dan memanjang sampai daerah yang terkena pengaruh panas dari logam dasar. Logam yang mudah dibentuk akan mengikuti tekanan menciut yang ditimbulkan oleh aksi tersebut.



Keretakan bisa dikontrol dengan prosedur tertentu. Keretakan bawah gumpalan bisa dihilangkan dengan menggunakan elektroda hidrogen rendah atau elektroda baja anti karat. Hidrogen bisa larut ke dalam austenite dan dengan menggunakan elektroda austenite, hidrogen tersebut menjadi tidak bisa larut dalam logam las yang mudah dibentuk. Elektroda baja anti karat austenite telah terbukti berhasil dalam pengelasan sejumlah besar baja yang sulit untuk dilas. Keretakan karena tekanan bisa dicegah dengan mengurangi tekanan-tekanan ini, tetapi desain dan prosedur pengelasan perlu juga dipertimbangkan untuk mencegah terjadinya sambungan yang kaku.

- **Retak logam las.**

  Logam las selalu mengalami tekanan akibat penyusutan jika logam las mendingin. Logam las yang mudah dibentuk akan memuai untuk menahan tekanan-tekanan. Keretakan karena penyusutan pada logam las bisa berbentuk melintang, tetapi pada umumnya membujur/memanjang. Keretakan yang membujur tidak selalu terlihat pada permukaan, tetapi terjadi pada dasar logam las. Gumpalan las yang retak umumnya terjadi sampai lapisan - lapisan berikutnya, ketika panas dari pass dan selanjutnya akan membuka keretakan pada pass sebelumnya.

  Untuk mengatasi keretakan logam las, logam pengisi yang mudah dibentuk harus digunakan dan pengerjaannya harus dilakukan dengan hati-hati untuk menguirangi dilusi. Endapan logam las juga harus cukup besar dan kuat untuk menahan tekanan karena penyusutan. Elektroda hidrogen rendah biasanya memberikan endapan yang cukup mudah dibentuk dan baik untuk digunakan pada baja karbon. Akan tetapi, baja yang sangat keras seringkali sangat baik jika dilas dengan elektroda baja anti karat austenitic.

- **Lubang gas pada logam las (berpori).**

  Baja karbon tinggi, ketika melebur, akan menyerap hidrogen, karbon monoksida dan gas-gas lain yang ada. Gas-gas ini tidak begitu mudah larut pada logam padat, sehingga dikeluarkan ke batas-batas butiran untuk membentuk kantung-kantung gas yang dikenal sebagai pori-pori. Cara mengontrol pori-pori adalah dengan mengurangi gas.

  Hal ini bisa dilakukan dengan cara :

  - Menggunakan elektroda hidrogen rendah yang dikeringkan / diofen atau proses hitrogen rendah.
  - Melakukan pemanasan awal untuk melepaskan uap air dari permukaan logam.
  - Membersihkan logam dasar secara menyeluruh.
  - Busur las diusahakan sependek mungkin.

- **Melunakkan logam dasar.**

  Baja karbon tinggi digunakan karena kekuatan dan kekerasannya yang istimewa. Mendinginkan baja sebelum melakukan pengelasan seringkali membantu mencegah keretakan pada logam dasar. Jika sifat-sifat baja pada kondisi aslinya diperlukan, maka pemanasan las akhir (postheating) diperlukan untuk mengembalikan kekuatan dan kekerasan baja. Pemanasan awal dan pengelasan juga cenderung akan melunakkan baja, dan kadang-kadang diperlukan untuk mengembalikan kondisi asalnya dengan pemanasan las akhir (postheating).

3. Pengerasan (hardening)

Kekerasan dari banyak baja, tergantung dari bagaimana cepatnya baja didinginkan setelah dipanaskan. Kekerasan logam akan bervariasi dari permukaannya sampai ke intinya. Ini tergantung pada lama pencelupan dan metoda yang digunakan. Pendinginan ini dikenal sebagai pencelupan (quenching), dikerjakan dengan meletakkan logam yang panas dalam udara, minyak, air atau air garam (brine). Brine adalah larutan garam dan air yang digunakan

dalam tempat air untuk membuat kekerasan lebih merata di seluruh permukaan bahan.

4. **Pencelupan-udara (Air-quenching).**

   Pencelupan di dalam udara adalah bentuk pengerasan lunak yang dikenal sebagai normalizing dan akan disebut beberapa kali nanti, karena pemakaiannya pada pengelasan dan postheating. Banyak baja paduan tinggi dapat dikeraskan dengan udara untuk sebuah baja alat potong.

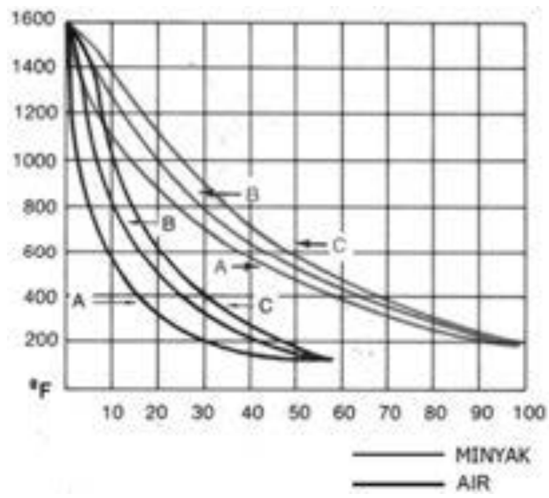
5. **Pencelupan-minyak (Oil-quenching)**

   Logam yang didinginkan dalam minyak tidak akan banyak berubah seperti logam-logam yang didinginkan dalam air, karena nilai pencelupan yang lebih lambat dari minyak. Kekentalan (kemampuan untuk mengalir) dari minyak semestinya membiarkan bebas perputaran sekitar bahan yang didinginkan. Metoda Oil-quenching dapat digunakan secara memuaskan pada baja hypereutectoid dan berbagai macam baja paduan rendah untuk pengerasan penuh.

6. **Pencelupan-air (Water-quenching)**

   Pada temperatur dibawah 100^{0}F (38^{0}C), air digunakan untuk mencelupkan berbagai macam baja dari karbon dan karbon menengah, paduan rendah, baja. Sebab pengaruh pencelupan cepat dari air, baja karbon rendah dapat dikeraskan dengan memuaskan. Pengaruh pencelupan air bertambah dengan menyemprotkannya pada logam yang dipanaskan atau memutarkannya seperti logam dicelupkan.

Nilai pendinginan dengan minyak dan air seperti diagram berikut :



Nilai pendinginan selama pencelupan. Menggambarkan untuk besi bulat Ø 1”.
(A) Permukaan logam
(B) jalan tengah ke pusat
(C) inti/ pusat logam

7. **Air garam (brine)**

   Ketika brine bersinggungan dengan baja panas, air garam ini membuat pemutaran sehingga akan memisahkan gelembung-gelembung yang dapat menimbulkan titik-titik lunak oleh penyekatan logam. Air-garam tidak seperti air sebab air garam mempunyai sekitar 10% garam. Sedangkan pencelupan air akan mengubah bagian luar logam menjadi martensite lebih cepat dibanding bagian dalam.

   Pengubahan austenite menjadi martensite menambah volume logam, yang dapat menyebabkan retak ketika martensite dicapai bagian dalam.

8. **Pencelupan tidak terus-menerus (Interrupted-quenchs)**

   Kebanyakan tukang las akan sedikit memiliki praktek yang digunakan untuk informasi tentang interrupted-quenchs, tetapi informasi ini akan membantu untuk lebih baik pengertian konstruksi baja dan formasi.

   Interrupted-quenchs menekan/ menahan austenite yang sedang diubah menjadi pearlite, sedangkan demikian juga menghindari formasi martensite. Larutan untuk tujuan pencelupan

dipertahankan pada temperatur tertentu dan logam dipertahankan dicelupkan hingga formasi tertentu dicapai. Pemutaran selama pencelupan dibatasi dan menggunakan garam cair membuatnya memungkinkan mengeraskan bagian-bagian yang sudah jadi (selesai pengerjaannya).

Austenite dapat diubah menjadi bainite, struktur antara pearlite dan martensite.

Bilamana baja didinginkan secara tiba-tiba sampai kira-kira 800^0 F (427^0 C) dan dipertahankan pada sekitar 500^0 F (260^0 C) selama beberapa waktu, terbentuklah bainite. Prosedur tempering ini dikenal sebagai austempering, memberikan keuletan lebih besar dan ketegapan (toughness) baja dengan sedikit perubahan.

Martempering berarti pencelupan dalam garam cair pada temperature diatas titik dimana martensite membentuk. Bilamana temperatur merata seluruh logam karena waktu pencelupan yang lebih lama, struktur martensitic dibentuk. Martempering adalah lebih cepat dibanding austempering dan lebih memuaskan untuk pengerasan bagianbagian yang besar/ berat.

9. Pengurangan kekerasan (tempering)

Setelah baja dikeraskan dengan pencelupan, dapat juga gagal dibawah suatu beban kerja karena sisa (didalam) stress. Apabila logam telah dikeraskan secara penuh, mungkin akan menjadi terlalu keras dan rapuh untuk melakukan suatu pekerjaan yang memuaskan.

Austenite mempunyai kecenderungan untuk mengubah menjadi martensite.

Sebaliknya hal ini akhirnya akan mengkerut dan gagal. Karena austenite lebih pejal dibanding martensite, berbagai perubahan menjadi suatu struktur yang kurang pejal, akhirnya menyebabkan kegagalan. Untuk menstabilkan austenite, dengan tempering akan membuat lebih keras/ tegap, formasi rapuh lebih kecil dengan stress (didalam) lebih rendah.

Tempering menghendaki pemanasan kembali bahan yang telah dikeraskan sebelum benda telah menjadi dingin dan mencapai

temperatur kamar. Pemanasan kembali membentuk kristal carbide dari karbon dibebaskan dari martensite; bahan yang sisa adalah suatu microstructure martensite yang ditemper.

Tempering memerlukan keterampilan dan pengalaman, karena komposisi baja tergantung pada waktu dan temperatur yang dikehendaki untuk memproduksi struktur yang memuaskan. Temperatur pemanasan kembali harus diantara 300^{0}F (149^{0}C) dan temperatur kritis; namun demikian temperatur pemanasan kembali tergantung asal mulanya baja dan reduksi kekerasan yang diperbolehkan. Baja dengan kandungan karbon yang sama, tetapi berbeda presentasi unsur paduan, menghendaki prosedur tempering yang berbeda. Ketegapan/ kekerasan biasanya lebih tinggi dalam baja dimana panas tempering lebih tinggi telah memungkinkan. Keinginan tukang las dalam tempering, karena itu, mengatasi dari fakta bahwa tempering membuat baja kuat, sifat penting untuk memberikan baja kemampuan bertahan pada suatu beban tanpa patah.

10. Annealing (pelunakan)

Pemanasan dan pendinginan bahan dengan perlahan-lahan untuk menghilangkan stress seperti dalam postheating dinamakan annealing. Perlakuan ini akan membuat keras, logam-logam ferro lunak dan oleh karena itu merubah sifat fisik seperti keuletan dan ketegapan. Tipe bahan dan alasan untuk annealing akan menentukan temperatur dan nilai pendinginan. Pendinginan lebih lambat, akan menjadikan bahan lebih lunak bila didinginkan. Suatu petunjuk untuk temperature pemanasan adalah suatu titik tepat diatas titik kritis. Apabila bahan dipanaskan ditempatkan dalam abu panas, asbestos atau kapur, pendinginannya diperlambat.

Bahan non-ferrous seperti tembaga tidak perlu dikacaukan dengan *ferrous-annealing*, karena hal tersebut dilunakkan, menjadi pemanasan dan pencelupan dalam air pendingin.

11. Stress releaving (pembebasan tegangan)

Tegangan sisa (internal stress) ditimbulkan melalui pengelasan harus dibatasi dengan *postheating*. Temperatur untuk stress releaving adalah selalu dibawah daerah kritis, sedangkan untuk annealing dan normalizing adalah selalu diatas daerah kritis.

Stress releaving tidak perlu dilakukan didalam daerah kritis, karena ini menimbulkan penggeliatan dan mengubah struktur butiran dan ukuran. Ini dapat menyebabkan cacat las. Baja karbon dan baja paduan harus menghisap (menyerap) karbon pada temperatur yang berbeda-beda, biasanya sekitar 1100^0 F (593^0 C) sampai 1250^0 F (677^{0}C), tergantung pada tebal bahan. Suatu nilai lambat pemanasan dan pendinginan adalah sangat penting dalam stress releaving. Bahan-bahan yang memperlihatkan perubahan setelah pengelasan biasanya bebas dari tegangan sisa. Bilamana dipanaskan kembali untuk memperbaiki cacat dalam ukuran, bagaimanapun pemukulan (peening) harus mengikuti stress releaving.

2.1.3. *Rangkuman*

- Baja karbon rendah relatif lebih mudah dibentuk dan mudah dilas.
- Pemanasan awal biasanya tidak diperlukan kecuali untuk mengurangi tekanan akibat penyusutan pada bagian-bagian yang tebal.
- Pendinginan yang cepat, mis. Pendinginan dengan air, harus dihindari karena akan menyebabkan hilangnya sifat mudah dibentuk dari baja karbon dan mudah retak

2.1.4. *Tugas*

- Buat kelompok-kelompok 3-4 orang siswa.
- Amati bahan-bahan logam dasar las yang ada disekitar mu.
- Catat dan kelompokan kemudian kamu diskusikan.
- Cari tahu perlakuan apa yang dilakukan pada proses pengelasan.
- Pesentasikan didepan kelas hasil kerja kelompokmu



2.1.5. *Tes Formatif*

Jawablah soal-soal di bawah ini dengan baik dan benar!

1. Sebutkan Pengaruh dari pengelasan terhadap bahan dasar, jelaskan!
2. Apa yang dimaksud dengan perlakuan panas awal (preheating), jelaskan!
3. Apa yang dimaksud denagn perlakuan panas sesudah pengerjaan (postheating), jelaskan!
4. Apa yang dimaksud denagn perlakuan panas normalizing paska pengelasan jelaskan!
5. Apa yang dimaksud denagn perlakuan panas Pengurangan kekerasan (tempering)

2.1.6. *Lembar Jawaban Tes Formatif*

1. ....
   ....
   ....
   ....
2. ....
   ....
   ....
   ....
3. ....
   ....
   ....
   ....
4. ....
   ....
   ....
   ....



5. ....
....
....
....



2.1.7. *Lembar Kerja Peserta Didik*

Kelompok :

Nama nggota : 1.

: 2.

: 3.

: 4.

NO	Nama Bahan	Pre-Heating	Post-Heating
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

2. 2. Kegiatan Belajar 5 - 6 : Pre-heating dan Post-heating

2.2.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini peserta didik memahami prosedur Pre-heating dan Post-heating.

2.2.2. Uraian Materi

Ketika kita melakukan proses pengelasan mungkin diperlukan preheating dan atau postweld heat treatment. Preheating dan atau postweld heat treatment secara umum diperlukan untuk menjaga integritas dan mencegah karakteristik logam lasan yang tidak diinginkan. heat treatment harus dipertimbangkan untung dan ruginya secara masak dan berhati-hati karena biayanya tidak sedikit dan memerlukan perhatian serta tenaga yang lebih.

Preheating

Definisi preheat menurut AWS (American Welding Society) adalah panas yang diberikan kepada logam yang akan dilas untuk mendapatkan dan memelihara preheat temperature. Sedangkan preheat temperature sendiri definisinya adalah suhu dari logam induk (base metal) disekitar area yang akan dilas, sebelum pengelasan itu dimulai. Pada multipass weld definisi preheat temperature adalah suhu sesaat sebelum pengelasan pada pass (celah) selanjutnya dimulai. Pada multipass weld disebut juga sebagai interpass temperature (suhu antar pass (celah)).

Preheating bisa saja menggunakan gas burner, oxy-gas flame, electric blancket, pemanasan induksi, atau pemanasan di furnace. Pemanasan disekitar area pengelasan disuahakan merata untuk mendapatkan hasil yang bagus. Pemanasan yang berlebihan atau tidak merata dapat menyebabkan tegangan sisa yang tinggi, distorsi, atau perubahan metalurgi yang tidak diinginkan pada logam induk.

Ketika preheat diperlukan maka semua sambungan pengelasan harus dipanaskan sampai pada temperatur yang diinginkan (temperatur preheat bagian

luar dan dalam logam induk harus tercapai), jika memungkinkan panasi logam induk pada salah satu sisi dan ukur temperatur logam sisi berlawanannya. Panas yang terjadi akan dihantarkan dengan cara konduksi dan inspektor harus meyakinkan suhu sisi yang berlawanan tersebut. Informasi mengenai batasan interpass temperatur harus disertakan dalam WPS. Ketika multipass weld dilakukan maka deposit yang terjadi setelah pengelasan sebelumnya harus diinspect sebelum melakukan pengelasan lebih lanjut. Apabila suhu interpass terlalu tinggi dari yang telah ditetapkan dalam WPS maka pengelasan harus dihentikan dan interpass perlu didinginkan sampai di atas batasan interpass temperatur sebelum melanjutkan pengelasan.

Berdasarkan sifat metalurgi dan atau sifat mekanis yang diinginkan dari komponen pengelasan, preheat dan interpass tempearture bisa dievalusi untuk alasan yang berbeda. Prosedur (WPS) pengelasan untuk baja lunak (mild steel) yang mempunyai kandungan karbon rendah, hardenability yang relatif rendah bisa saja dipertimbangkan untuk tidak menggunakan preheat dan interpass temperature tergantung dari ketebalan material. Prosedur (WPS) yang digunakan untuk pengelasan heat-treatable low alloy steel dan Chromium-Molybdenum (cromoly) stell akan memerlukan preheat dan interpass temperature minimum dan maksimum. Material alloy tersebut bisa mempunyai hardenability yang tinggi dan rentan terhadap hydrogen cracking. Apabila material tersebut didinginkan terlalu cepat atau terjadi overheating maka dapat mengakibatkan efek yang serius terhadap performance yang diinginkan. Sewaktu pengelasan nickel alloy perlu diperhatikan heat input selama proses pengelasan. Heat input dari proses pengelasan, dan preheat serta interpass temperature dapat mnegakibatkan efek yang serius kepada metrial tersebut. Heat input yang tinggi dapat mengakibatkan kelebihan leburan logam induk, presipitasi karbida, dan fenomena metalurgi yang berbahaya lainnya. Perubahan sifat metalurgikal tersebut dapat menyebabkan tumbuhnya cracking atau kehilangan ketahanan terhadap korosi. Prosedur (WPS) untuk pengelasan aluminum alloy seperti tipe heat-treatable 2xxx, 6xxx, dan 7xxx sangat memperhatikan dengan pengurangan heat input keseluruhan. Untuk material jenis ini suhu maksimum preheat dan interpass temperature dikontrol untuk meminimalkan annealing dan pengaruh over-aging terhadap heat affected zone (HAZ) dan hilang atau berkurangnya tensile strength.

Pada aplikasi-aplikasi yang kritis, preheat temperature harus dikontrol dengan presisi. Pada situasi seperti ini sistem pemanasan yang bisa diatur sangat dibutuhkan, thermocouple dipasang untuk memonitor bagian yang sedang dipanaskan. Thermocouple memberikan sinyal untuk mengontrol unit yang bisa mengatur kebutuhan sumber tenaga untuk memanaskan part tersebut. Dengan menggunakan peralatan tipe tersebut part yang sedang dipanaskan bisa dikontrol untuk toleransi yang sangat kecil.

beberapa alasan preheating antara lain :

Untuk mengurangi kelembaban dari area pengelasan. Biasanya dilakukan dengan cara memanaskan permukaan matrial dengan suhu yang relatif tidak terlalu tinggi, hanya sedikit diatas titik didih air. Hal tersebut akan mengeringkan permukaan dan mengghilangkan kontaminan yang tidak diinginkan yang mungkin bisa menyebabkan porosity, hydrogen embrittlement, atau cracking karena hydrogen selama proses pengelasan.

Untuk menurunkan gradient temperatur. Semua pengelasan busur menggunakan sumber panas temperatur tinggi. Pada material yang dilas akan terjadi perbedaan temperatur antara sumber panas lokal dan material induk yang lebih dingin ketika pengelasan berlangsung. Perbedaan temperatur tersebut menyebabkan perbedaan pemuaian panas dan kontraksi serta tegangan yang tinggi disekitar area yang dilas. Preheating akan mengurangi perbedaan temperatur dari material induk sehingga akan meminimalkan masalah yang terjadi seperti distrosi dan tegangan sisa yang berlebih. Apabila tidak dilakaukan preheating maka maka bisa terjadi perbedaan temperatur yang besar antara area las-lasan dengan logam induk. Hal ini dapat mengakibatkan pendinginan yang terlalu cepat sehingga menyebabkan terbentuknya martensit dan pada beberapa material dengan hardenability yang tinggi mungkin terjadi cracking.

Postweld heat treatment

Ada beberapa tipe dari PWHT yang digunakan untuk alasan dan material yang berbeda pula.



Postweld heat treatment biasanya digunakan untuk *stress relief* (pelepasan tegangan sisa). Tujuan dari stress relieving adalah untuk mengurangi semua tegangan sisa atau tegangan internal yang mungkin terbentuk saat proses pengelasan. Stress relief setelah pengelasan mungkin saja diperluan untuk mengurangi resiko patah getas (bruttle fracture), untuk menghndari distorsi saat machining, atau untuk mengurangi resiko terjadinya stress corrosion cracking. Untuk beberapa alloy steel, tempering mungkin diperlukan untuk mendapatkan struktur metalurgi yang cocok. Treatment ini umumnya dilakukan setelah las-lasan mendingin, tetapi apabila kondisinya kurang meyakinkan bisa saja dilakukan sebelum lasan mendingin untuk mencegah cracking. Struktur lasan yang sangat kasar pada baja, akibat dari electro-slag (terak) selama proses pengelasan, mungkin membutuhkan normalizing stelah proses pengelasan. Treatment ini akan memperbaiki struktur butir yang kasar, mengurangi tegangan sisa setelah pengelasan, dan mengurangi daerah keras (hrad zone) di HAZ.

Precipitation hardening alloys, seperti heat-treatable aluminum alloy, kadang-kadang memerlukan postweld heat treatment untuk mengembalikan sifat fisis aslinya. Pada beberapa kasus hanya aging treatment yang digunakan, meskipun solution heat treatment dan artificial aging treatment akan memberikan hasil recovery yang lebih bagus setelah pengelasan.

Ketika pengelasan berlangsung melibatkan preheating dan atau postweld heat treatment, sangatlah penting untuk welding inspector memahami kebutuhan dari prehating dan PWHT untuk meyakinkan bahwa logam induk telah dipanaskan dengan benar dan persyaratan dari WPS dan atau Code yang dibutuhkan.

Perlunya perlakuan panas dilakukan adalah untuk mengurangi perubahan bentuk pada saat dikerjakan atau setelah dikerjakan atau hasil suatu konstruksi, merubah sifat-sifat bahan dan menghilangkan tegangan-tegangan sisa.

Sebelum benda dikerjakan dilakukan perlakuan panas maka disebut perlakuan panas awal sedangkan setelah benda dikerjakan disebut perlakuan panas akhir. Beberapa jenis perlakuan panas adalah:

- Perlakuan panas awal dan sesudah pengerjaan
- Menghilangkan tegangan sisa
- Penormalan (Normalizing)
- Pelunakan (Annealing)
- Pengerasan (Hardening)
- Temper (Temperring)

Perlakuan Panas awal (Pre Heating)

Perlakuan panas awal adalah pemanasan yang dilakukan sebelum benda kerja tersebut dikerjakan lebih lanjut, misalnya sebelum dilakukan pengelasan. Temperatur pemanasan awal adalah antara 30°C – 400°C (lihat Diagram Perlakuan Panas).

Hal ini perlu dilakukan, karena pada waktu pengelasan akan terjadi panas pada daerah pengelasan. Panas yang tinggi akan terpusat pada daerah pencairan. Dengan bertambah jauh jaraknya busur akan berkurang panas yang terjadi. Pemanasan dan pendinginan yang tidak merata (perubahan termperatur) akan menyebabkan. berbagai pengaruh pada daerah pengelasan misalnya keliatan, tegangan dan sifat logam lainnya.

Dengan memanaskan logam sebelum pengelasan akan mengurangi perbedaan temperatur pada daerah pengelasan. Hal ini adalah salah satu cara untuk mengatasi perubahan-perubahan pada logam yang dilas. Proses ini disebut pemanasan awal (preheating).

Karena pemanasan sebelum pengerjaan akan mengurangi perubahan temperatur maka tentu juga akan mengurangi perubahan bentuk akibat tegangan yang terjadi karena pengaruh panas yang tinggi pada daerah las.

Tinggi temperatur pemanasan awal tergantung pada :

- Komposisi kandungan unsur dan baja
- Ketebalan benda kerja
- Sumber panas yang terjadi pada saat pengelasan

Komposisi kandungan unsur dari baja akan menentukan kekerasan baja tersebut. Misalnya baja karbon yang baru dilas dan kemudian didinginkan secara cepat, maka dapat berakibat keretakan pada benda kerja tersebut. Disini pemanasan sebelum pengenjaan diperlukan untuk memperlambat pendinginan supaya tidak retak pada daerah yang dilas/dipanaskan.

Dengan semakin tebalnya bahan, maka semakin besar pula pengaruh pendinginan dan dengan semakin tebalnya bahan maka semakin lama pemanasan awal yang dipenlukan.

Pemanasan awal pada bahan-bahan baja yang dipakai di industri manufaktur sangat bervariasi. Untuk mengetahui temperatur pemanasan awal untuk berbagal jenis dan ketebalan pelat adalah dengan cara melihat katalog yang dikeluarkan oleh fabrik pembuat baja tersebut.

Pemanasan awal ini juga sering digunakan pada pengelasan bahan-bahan yang mudah retak dan susah untuk di las yakni untuk memperlambat proses pendinginan.

Menghilangkan Tegangan Sisa (Stress Relief)

Temperatur pemanasan untuk menghilangkan tegangan sisa (stess relieve) adalah berkisar 590°C-670°C (lihat Diagram Perlakuan Panas). Pemanasan sesudah pengelasan sering dilakukan dalam dunia industri. Besar temperatur tergantung pada jenis perlakuan panas. Pada dasarnya tingginya temperatur untuk menghilangkan tegangan sisa adalah dibawah temperatur kritis 723°C, karena struktur baja tidak akan berubah dibawah temperatur 723°C. Perubahan sifat baja akan terjadi apabila temperatur melebihi 723°C dan proses perlakuan panas dapat dilihat pada diagram perlakuan panas. Apabila tegangan sisa dihilangkan maka tegangan yang tertahan oleh bagian yang dingin sewaktu pengelasan akan hilang pula. Menghilangkan tegangan sisa ini dilakukan pada berbagal jenis pekerjaan termasuk juga pada bejana bertekanan dan ketel.

Langkah kerja menghilangkan tegangan sisa :

- Panaskan benda kerja secara bertahap (perlahan)
- Biarkan pemanasan benda kerja ini sesuai dengan temperatur yang tepat dan waktu tertentu.
- Dinginkan benda kerja secara perlahan.

Untuk menghilangkan tegangan sisa ini dan menentukan tinggi temperatur dilakukan oleh operator perlakuan panas dan bukan oleh tukang las ini dilakukan dalam dapur pemanas atau peralatan khusus untuk perlakuan panas.

Penormalan (Normalizing)

Temperatur untuk normalizing adalah 820°C – 980°C (lihat Diagram Perlakuan Panas)
Seluruh baja terdiri dan butiran-butiran halus. Bentuk dan ukuran dan butiran-butiran tergantung pada proses pendinginkan dan pengerjaan bahan tersebut, Bentuk dan ukuran dan butiran sering mempenganuhi sifat bahan logam, maka proses perlakuan panaslah yang mengontrolnya.
Perubahan temperatur yang bervaniasi pada pengelasan akan menimbulkan ukuran butiran yang tidak sama pada daerah pengelasan yang akan mengakibatkan kritisnya benda kerja. Untuk mengatasi ini benda perlu dinormalkan agar mendapatkan ukuran butiran yang sama. Bahan yang telah dinormalkan akan mempunyai sifat yang merata dan lebih liat. Langkah kerja penormalan :

- Panaskan baja kira-kira 60°C diatas temperatur kritis.
- Biarkan beberapa saat supaya pemanasan merata.
- Didinginkan dalam ruangan.

Pelunakan (Annealing)

Temperatur pemanasan untuk proses pelunakan suatu bahan (annealing) adalah berkisar antara 820°C – 925°C (lihat Diagram Perlakuan Panas) Pelunakan logam bertujuan :

- Melunakan bahan untuk bisa dibengkokkan atau dibentuk dalam keadaan

dingin

• Supaya bahan dapat dengan mudah dikerjakan dengan mesin. Pelunakan hampir sama dengan penormalan tapi proses pendinginan lebih lambat. Dengan pendinginan yang lambat akan menghasilkan ukuran butiran lebih besar dan lebih lunak dibandingkan dengan bahan yang telah dinormalkan. Langkah kerja pelunakan :

• Panaskan bahan sampai diatas temperatur kriitis.

• Biarkan beberapa saat supaya pemanasan merata

• Dinginkan dalam dapur secara perlahan

Temper (Tempering)

Temper adalah proses perlakuan panas lanjutan setelah proses pengerasan, bertujuan untuk mengurangi kekerasan yang terlalu tinggi akibat pendinginan yang cepat dan temperatur yang tinggi (karena proses penyepuhan). Temperatur tempering adalah berkisar antara 220°C – 390°C (perhatikan Diagram Perlakuan Panas). Antara kekerasan dan keliatan adalah berbanding terbalik, di mana semakin keras maka semakin tidak liat. Adalah hal yang penting untuk menyeimbangkan kekerasan bahan dengan penggunaannya. Misalnya pahat akan sangat keras setelah disepuh tapi akan mudah patah kalau kena pukulan. Dengan proses temper akan mengurangi sedikit kekerasannya tapi masih kuat untuk memotong besi yang lain dan juga mempunyai sifat liat untuk menahan pukulan pahu. Proses temper dilakukan dibawah temperatur kritis (perhatikan Diagram Perlakuan Panas).

2.2.3. Rangkuman

- Definisi preheat menurut AWS (American Welding Society) adalah panas yang diberikan kepada logam yang akan dilas untuk mendapatkan dan memelihara preheat temperature.
- Perlunya preheating adalah : Untuk mengurangi kelembaban dari area pengelasan dan Untuk menurunkan gradient temperatur.
- Postweld heat treatment adalah pemanasan terakhir setelah dilakukan pengelasan untuk melepaskan tegangan sisa (*stress relief*).

- Ada beberapa macam perlakuan panas seperti : Penormalan (Normalizing), Pelunakan (Annealing), Pengerasan (Hardening), Temper (Temperring).

2.2.4. Tugas

1. Cari sumber bacaan melalui buku, media cetak lainnya maupun media elektronik. Tentang pre-Heating dan Post-Heating di perpustakaan sekolah. Buat paper kemudian kumpulkan pada guru pembimbing mata pelajaran.
   Jika menemui kesulitan konsultasikan dengan guru pembimbing mata pelajaran !!

2. Lakukan latihan proses pelakuan panas pada beberapa macam material pengelasan yang meliputi pre-heating sampai dengan proses pengelasan dan post-heating dengan dengan menggunakan oksi-asetilin suhu 200-300 ^{o}C. amati proses dan gejala yang timbul. Buat laporan

2.2.5. Tes Formatif

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan perlakuan panas pada pengelasan!
2. Apa yang dimaksud dengan pre-heating jelaskan dan apa tujuannya!
3. Apakah apa yang dimaksud dengan normalizing, jelaskan!
4. Apa yang dimaksud dengan tempering, jelaskan!.

2.2.6. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. ....
   ....
   ....
   ....
2. ....
   ....
   ....
   ....
3. ....
   ....
   ....
   ....



4. ....
   ....
   ....
   ....

2.2.7. Lembar Kerja Peserta Didik

Nama peserta :
Kelas :
Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………
Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

- (Sebutkan bahan yang digunakan)……………………………..
  …………………………………………………………………….
- …………………………………………………………………....
- …………………………………………………………………….
- dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. …………………………………………………………………….
3. …………………………………………………………………….
4. …………………………………………………………………….
5. …………………………………………………………………….
6. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan(………………..
2. ……………………………………………………………………..…
3. ………………………………………………………………………..
4. ………………………………………………………………………….
5. ………………………………………………………………………….
6. dst

IV. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan)
   …………………………….
2. ……………………………………………………………………………...
3. …………………………………………………………………………...…
4. …………………………………………………………………………...…
5. Dst

Teknologi Mesin Las SMAW

1. Deskripsi pembelajaran

Teknologi mesin las SMAW adalah salah satu materi pembelajaran yang harus dipahami oleh peserta didik sebagai bekal untuk memahami tentang kelistrikan dasar las SMAW, perangkat apa yang dibutuhkanpada las SMAW, bagaimana Karakteristik Busur las SMAW dan unjuk kerja (duty cycle) mesin las SMAW.

2. Kegiatan Belajar

2.1. Kegiatan Belajar 7 : Kelistrikan Dasar Las Listrik

2.1.1. *Tujuan Pembelajaran*

Setelah melaksanakan kegiatan belajar ini peserta didik dapat memahami kelistrikan dasar las SMAW.

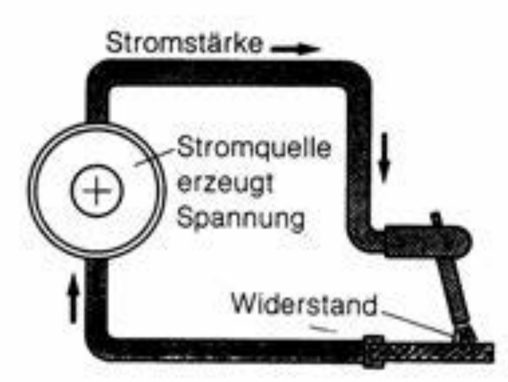
2.1.2. *Uraian Materi*

Busur las dapat menyala bila ada aliran arus las pada nilai tertenut. Hal ini penting sebagai pengetahuan dasar yang harus dimiliki oleh seorang tukang lea sebagai pengetahuan.

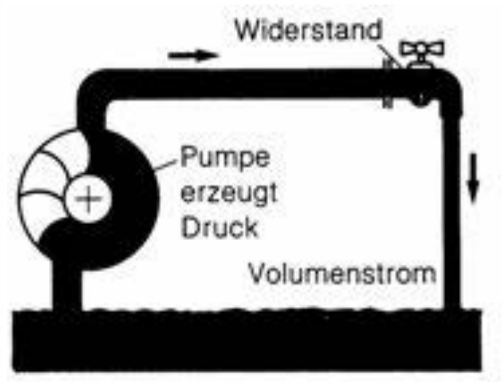
Lingkaran arus :

Sebagai gambaran lingkaran arus listrik, dapat dibandingkan dengan lingkaran arus air, sebagai berikut :

Lingkaran arus air



Lingkaran arus listrik



Besaran dalam lingkaran arus :

Besaran	**Notasi**	**Satuan**
Tekanan = Tegangan	E	V (Volt)
Volume Aliran = Kuat Arus	I	A (Ampere)
Tahanan ALiran = Tahanann Listrik	R	Ω (Ohm)

Hukum Ohm :

$$Kuat\ arus = \frac{Tegangan}{Tahanan} \rightarrow I = \frac{E}{R}$$

Tegangan, Arus, Tahanan dan Arus Las

Lingkaran Arus (Aliran) Air

Tenaga dorong aliran dari pompa menimbulkan tekanan volume aliran adalah aliran air setiap detik melalui pipa. Kenaikan volume aliran berbanding lurus dengan kenaikan tekanan. Besar tahanan didapat dari kran air dimana aliran air selanjutnya berkurang.

Arus Listrik

Tenaga dorong arus listrik dari sumber arus listrik menghasilkan tegangan listrik **E** dalam **V** (volt). Arus listrik terdiri dari muatan listrik (electron) yang bergerak melalui penghantar arus (konduktor). Kuat arus **I** dalam **A** (Ampere) berarti sama dengan jumlah electron tertentu pada setiap detik dan meningkat sesuai dengan kenaikan tegangan sumber arus.

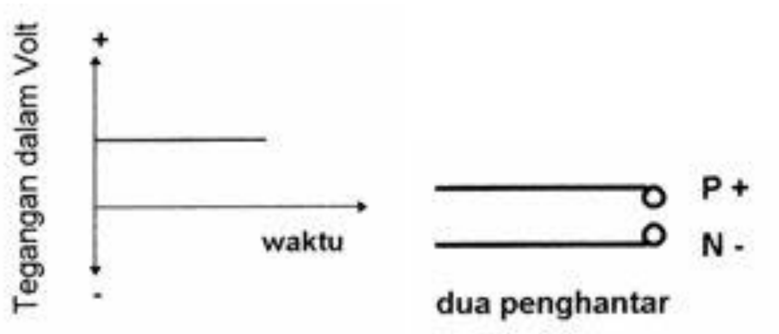
Tehanan listrik **R** dalam Ω (Ohm) terjadi pada media penghantar arus yang jelek dan sulit dialiri arus listrik. Semua tahanan listrik dalam lingkaran aurs, menimbulkan pengurangan kuat arus.

Lingkaran Arus Las

Tahanan utama dalam lingkaran arus las terjadi pada busur las dan menentukan nilai kuat arus dan tegangan busur. Selanjutnya tahanan yang kecil terletak dipenghantar arus las (kabel-kabel las). Dengan demikian panjang pendeknya busur las menentukan kuat arus dan tegangan dalam lingkaran arus las.

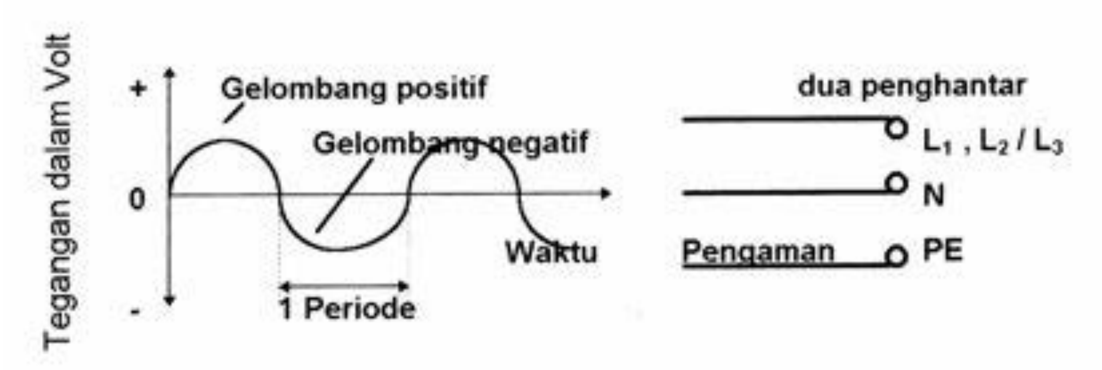
Macam-macam Arus

Arus Searah (-)



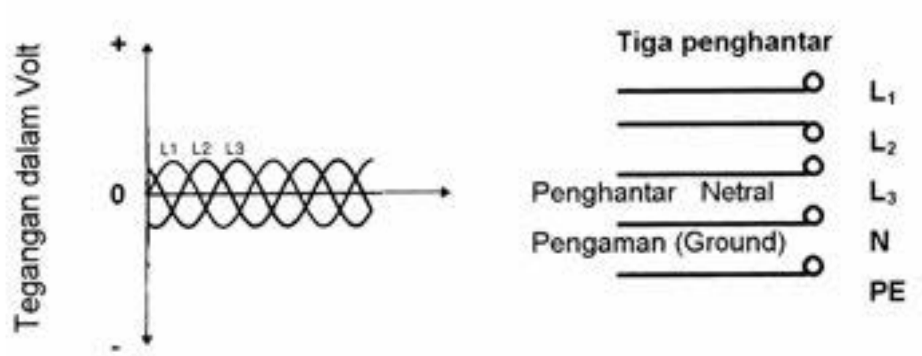
Pada arus searah electron bergerak dalam lingkaran arus pada arah searah dan kutub negative ke kutub positif.

Arus Bolak-balik (~)



Arah gerakan electron-elektro dalam lingkaran arus searah adalah berubah-ubah secara periodic yang tetap. Dalam satu detik terjadi seratus kali putaran antara kutub positif dan kutub negative atau 50 periode (50 Hertz). Dengan demikian tegangan berubah menurut kurva sinus. Tegangan naik dari nilai nol ke nilai puncak kurva, turun kembali ke nol dan naik lagi tetapi dengan polaritas yang berlawanan (terbalik).

Arus Bolak-balik Tiga Phase



Arus bolak-balik tiga phase merupakan susunan dari tiga arus bolak-balik dengan frekuensi 50 Hz, sehingga penampang penghantarnya menjadi lebih kecil. Arus bolak-balik tiga phase umumnya digunakan untuk peraltan dengan kebutuhan arus yang besar dengan tegangan 380 Volt.

Sumber Arus Las

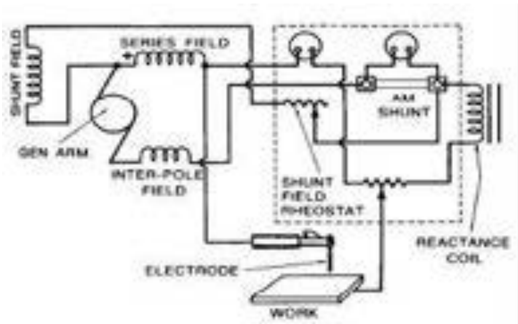
Ada tiga macam sumber arus las dan menghasilkan dua macam arus las seperti dapat dijelaskan dibawah ini :

- Transformator las menghasilkan arus bolak-balik
- Penyearah las menghasilkan arus searah
- Generator las menghasilkan arus searah

Sumber arus las secara umum harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Tegangan las rendah (± 15 sampai 100 volt)
- Arus las tinggi (± 15 sampai 400 Ampere)
- Arus las harus dapat disetel
- Jaminan keamanan terhadap hubungan pendek lingkaran arus las
- Kerugian arus las selama pengelasan, sekecil mungkin

a) Menggunakan arus DC (dirrent current).



Mesin las DC digerakan oleh generator atau perubahan dari arus AC ke DC. Dua tipe mesin las DC yaitu (1) Direct Current, Straight Polarity / DCSP ketika base metal dihubungkan dengan kutub positif mesin dan holder elektroda dihubungkan dengan sisi negatif mesin. 2/3 panas disalurkan ke base metal dan 1/3 panas ke elektroda, digunakan untuk pengelasan penetrasi dalam, temperature tinggi benda kerja. (2). Direct current,Reverse Polarity /DCRP ketika base metal dihubungkan dengan kutub negative mesin dan holder elektroda dihubungkan dengan kutub positif mesin. 2/3 panas disalurkan ke elektroda dan 1/3 panas ke benda kerja.

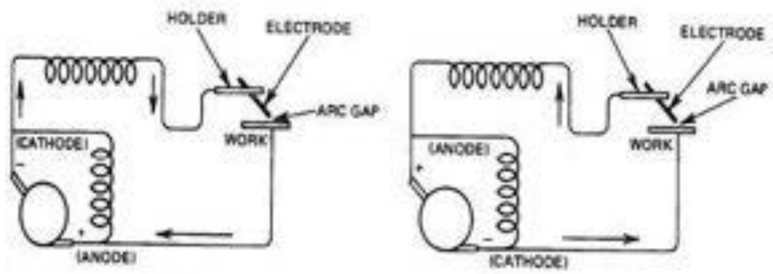
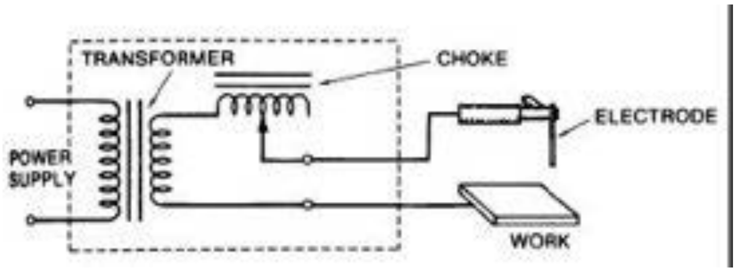


Fig. 1-3 Wiring Diagram, DCSP

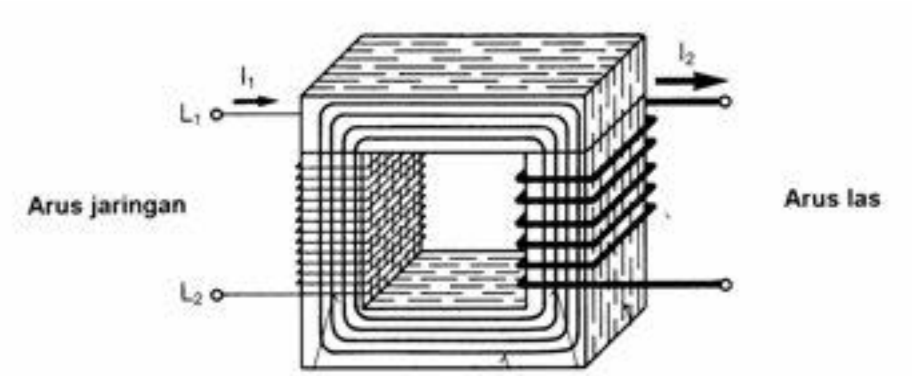
Fig. 1-4 Wiring Diagram, DCRP

b) Mengunakan arus AC (alternating curent)



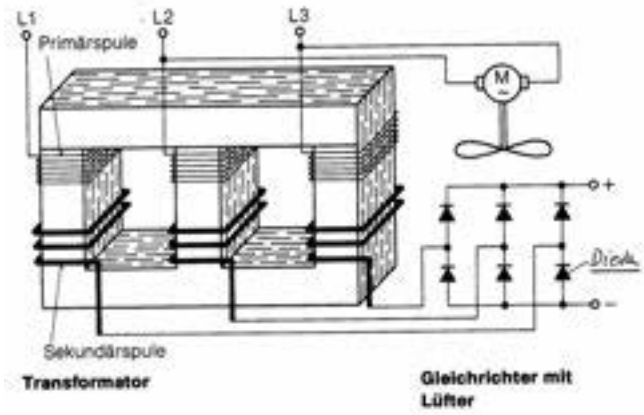
Mesin las AC memperoleh busur nyala dari transformator, dimana dalam pesawat ini jaring-jaring listrik dirobah menjadi arus bolak-balik oleh transformator yang sesuai dengan arus yang digunakan dalam pengelasan, pada mesin ini kabel las dapat dipertukarkan pemasangannya dan tidak mempengaruhi perobahan temperatur pada busur nyala. 50% panas disalurkan ke elektroda dan 50% disalurkan ke base metal.

Prinsip Transformator Las



Simbol Transformator :

Prinsip Penyearah Las



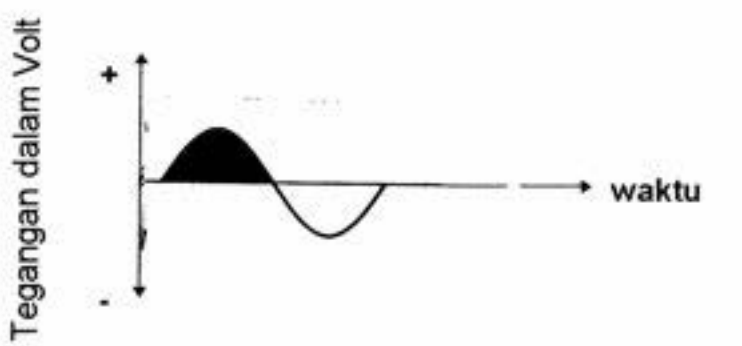
Komponen pengarah menghasilkan arus hanya dalam satu arah. Elemen penyearah, Diode, dalam pengertian lain dapat disebut juga sebagai katup pengaman balik. Penyearah las menghasilkan arus searah.



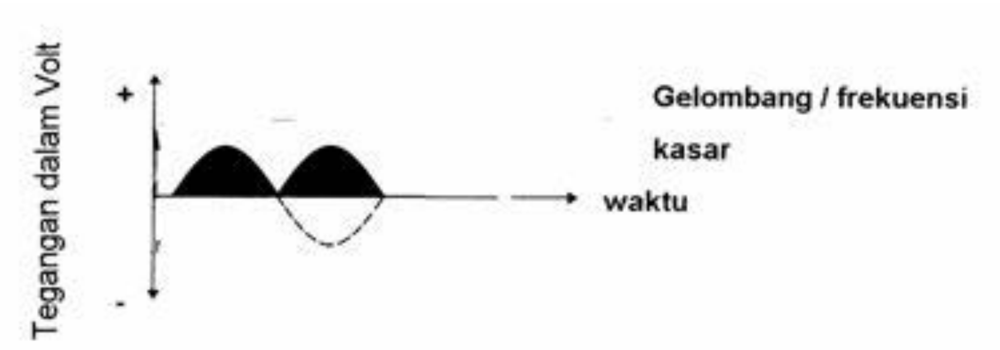
Simbol

Prinsip Arus Searah dari Arus Bolak-balik

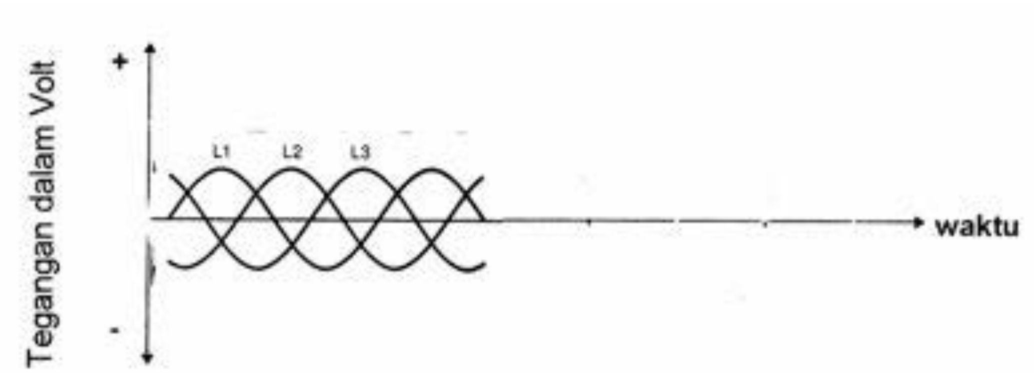
Arus bolak-balik 1 phase



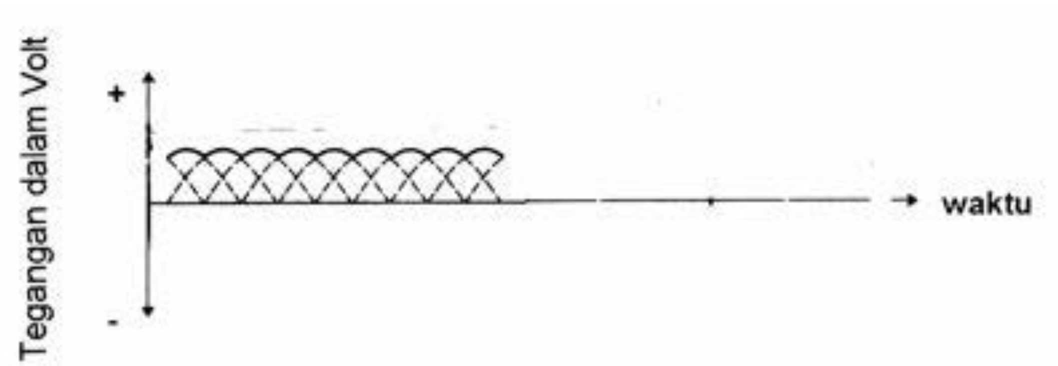
Arus searah dan arus bolak-balik 1 phase



Arus bolak-balik 3 phase



Arus searah dari arus bolak-balik 3 phase



Setiap frekuensi arus las lebih halus, maka lebih baik untuk pengelasan. Oleh karena itu penyearah las 3 phase paling banyak digunakan.

2.1.3. *Rangkuman*

❖ **Hukum Ohm :**

$$Kuat\ arus = \frac{Tegangan}{Tahanan} \rightarrow I = \frac{E}{R}$$

❖ Ada tiga macam sumber arus las dan menghasilkan dua macam arus las seperti dapat dijelaskan dibawah ini :

- ➢ Transformator las menghasilkan arus bolak-balik
- ➢ Penyearah las menghasilkan arus searah
- ➢ Generator las menghasilkan arus searah

❖ Sumber arus las secara umum harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- ➢ Tegangan las rendah (± 15 sampai 100 volt)
- ➢ Arus las tinggi (± 15 sampai 400 Ampere)
- ➢ Arus las harus dapat disetel
- ➢ Jaminan keamanan terhadap hubungan pendek lingkaran arus las
- ➢ Kerugian arus las selama pengelasan, sekecil mungkin

2.1.4. *Tugas*

Lakukan pengamatan pada mesin - mesin las yang ada di bengkel sekolah/industry, catat dan analisa mesin tersebut termasuk jenis mesin las apa, ciri dan data spesifikasinya bagaimana. Diskusikan dengan teman – temanmu kemudian presentasikan.

2.1.5. *Tes Formatif*

1. Apa yang dimaksud dengan DCSP dan DCRP jelaskan perbedaannya, serta apa kenugulan masing – masing.
2. Jika tegangan listrik 100 V sedangkan tahanan antara busur las 2000 mA, hitunglah berapa kuat arus yang dihasilkan.

2.1.6. *Lembar jawaban tes Formatif*

1. ....
....
....
....
2. ....
....
....
....

2.1.7. *Lembar Kerja Peserta Didik*

Nama Kelompok :
Nama peserta :
:
:
:
Kelas :

No	Nama	Jenis mesin las	Ciri - ciri	spesifikasi

2.2. Kegiatan Belajar 8: Perangkat Las SMAW

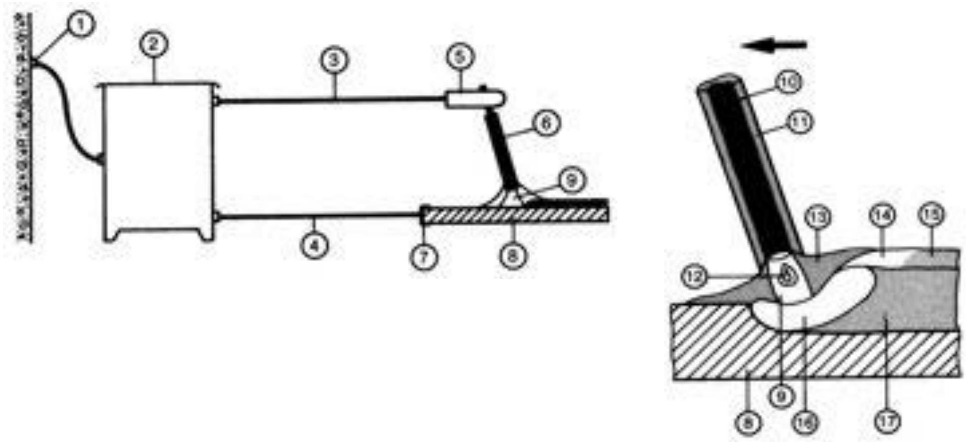
2.2.1. Tujuan Pembelajaran

- Mengetahui macam-macam peralatan utama dan peralatan bantu las busur manual (SMAW).
- Menggunakan peralatan utama dan peralatan bantu las SMAW.
- Mengeset peralatan utama las SMAW sesuai dengan prosedur operasi standar.

2.2.2. Uraian Materi

Perangkat Las Busur Listrik manual (SMAW).

Didalam proses pengelasan diperlukan arus listrik khusus, dimana arus listriknya dapat diatur dan tegangan bebas muatannya terbatas, serta tinggi tegangan maksimal, harus sampai dengan batas yang diijinkan.



Keterangan :

1. Sumber Arus listrik
2. Sumber Arus Las (Mesin Las)
3. Kabel Arus Las (Elektroda)
4. Kabel Arus Las (kabel massa)
5. Pemegang Elektroda
6. Elektroda
7. Klem massa pada Benda Kerja
8. Benda Kerja
9. Busur Las
10. Inti Elektroda
11. Salutan/selubung Elektroda
12. Tetesan Cairan Elektroda
13. Gas Pelindung dari Salutan Elektroda
14. Terak Cair
15. Terak Padat
16. Kawah Las / cairan las
17. Hasil Lasan

Sambungan antara sumber arus pengelas dan tempat kerja, memakai kabel-kabel dan pada waktu mengelas benda kerja tersebut berada dalam lingkaran arus las. Sumber arus lasnya disambungkan pada jaringan arus listrik yang ada dan semua sambungan listriknya memakai kontak stekker atau kontak stekker yang dilengkapi dengan uliran sebagai pengaman.

Dari sumber arus las tersebut selalu dilengkapi dua kabel yang terpisah satu sama lain ke tempat kerja. Dan melalui dua kabel ini akan tersusun lingkaran arus lewat pemegang / penjepit elektroda dan benda kerja.

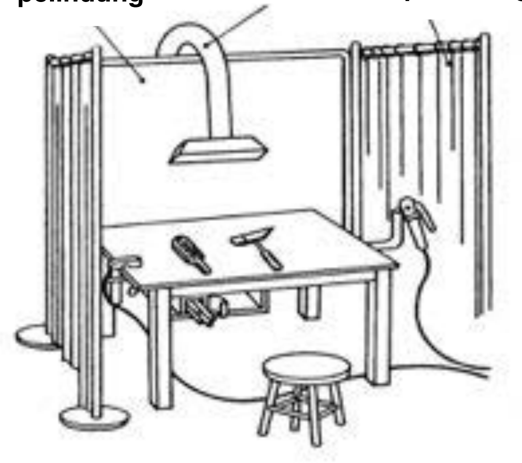
Untuk mengelas diperlukan tempat kerja yang dilengkapi dengan alat-alat perkakas yang diperlukan dan perlengkapannya

Tempat kerja,peralatan dan pakaian kerja

Dalam proses pengelasan diperlukan tempat kerja yang dilengkapi dengan alat-alat las yang diperlukan serta kelengkapannya.

Tempat kerja.

Perlengkapan tempat kerja didalam pengelasan berupa :



Meja las yang terbuat dari baja dan tempat duduk berupa kursi kerja. Tempat kerja ini dilengkapi pelindung ruang dengan memakai gordin pemisah, agar lingkungan kerja yang lain tidak terganggu oleh adanya cahaya busur listrik.

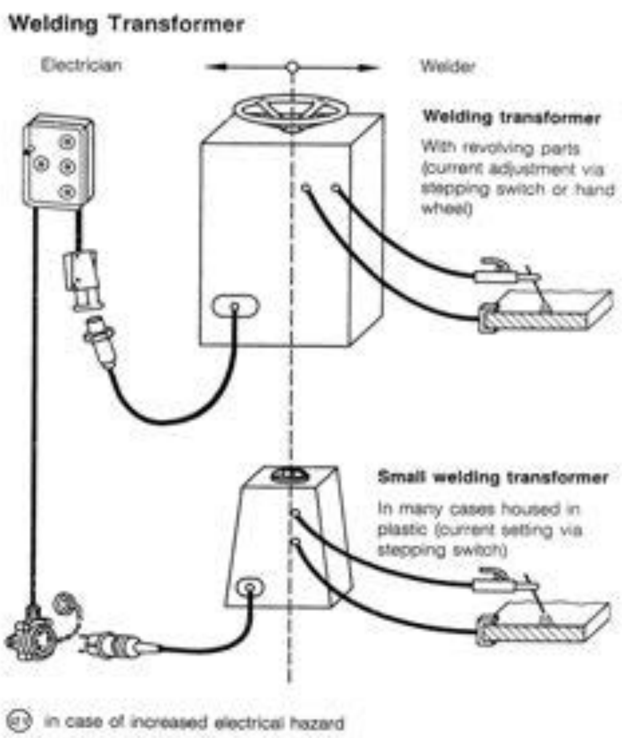
Tempat kerja sebaiknya dilengkapi dengan penghisap asap untuk menghisap uap, gas-gas dan asap dari atas meja kerja.

Pesawat Las SMAW.

Pesawat mesin las yang digunakan pada pengelasan busur listrik manual bermacam-macam, tetapi bila ditinjau dari jenis arus yang keluar (output) dari mesin las dapat digolongkan sebagai berikut :

1) Pesawat Las Arus Bolak-Balik (AC).

Macam-macam pesawat las dari jenis pesawat las arus bolak balik ini dapat berupa transformator las, pembangkit listrik motor diesel atau motor bensin tetapi yang paling banyak digunakan adalah berupa transformator las yang mempunyai kapasitas 200 sampai 500 Ampere, pesawat las jenis ini sangat banyak digunakan karena biaya operasinya yang rendah disamping harganya yang relatif murah dengan Voltase yang keluar dari pesawat transformator ini antara 36 sampai 70 Volt.

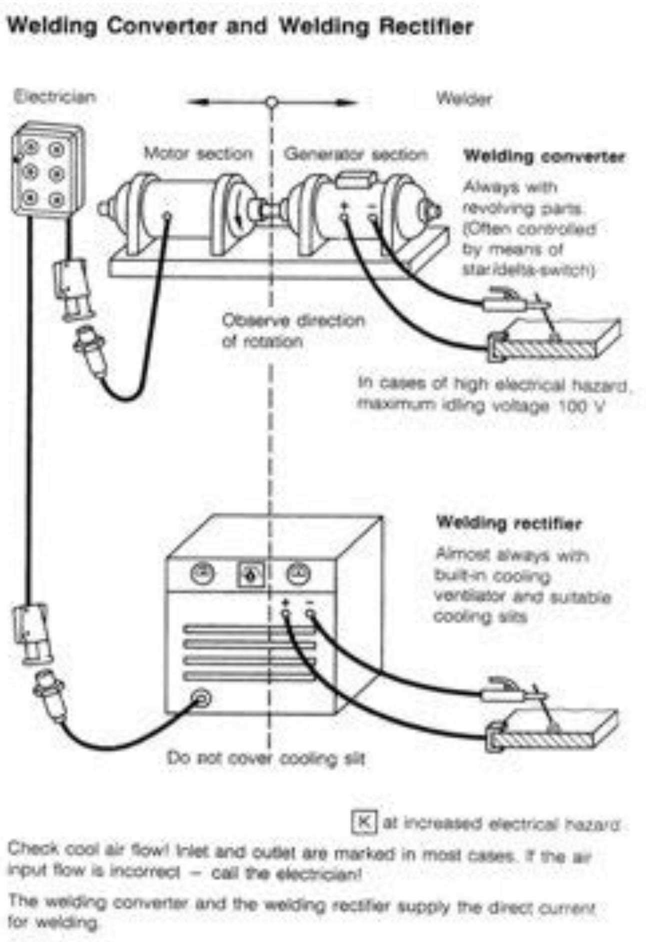


Pesawat Las Arus Bolak-Balik (AC)

2) Pesawat Las Arus Searah (DC).

Pesawat las arus searah ini dapat berupa pesawat transformator rectifier, pembangkit listrik motor disel atau motor bensin, maupun pesawat pembangkit listrik yang digerakkan oleh motor listrik.

Salah satu jenis dari pesawat las arus searah yaitu pesawat pembangkit listrik yang digerakkan oleh motor listrik (motor generator).



Pesawat Las Arus Searah (DC)

Pakaian kerja.

Pada waktu mengelas, tukang las harus dapat mengamankan diri dari panas, pancaran sinar busur listrik dan dari percikan dan juga letusan api las.



Dalam pekerjaan las busur listrik pengelas harus memakai pakaian kerja yang celananya tidak mempunyai lipatan. Sepatu kerja hendaknya dipakai sepatu yang terbuat dari kulit dengan sol karet. Pakaian kerja untuk tukang las sebaiknya dilengkapi dengan tutup kepala (helm), kulit pelindung badan (apron) dan pelindung kaki. Kedua tangan dilindungi dengan memakai sarung tangan dari kulit atau asbes.



Untuk mellindungi muka dan terutama mata, tukang las harus memakai topeng pelindung dan kaca pelindungnya harus sesuai dengan standart.

Topeng pelindung tersebut biasanya dilengkapi juga dengan kaca terang, yang dapat digunakan sebagai pelindung pada waktu membersihkan terak las.

Kabel las

Kabel las (Lead superfleksibel) digunakan untuk menghantar arus dari mesin pengelasan ke benda kerja dan sebaliknya. Seperti terlihat pada gambar dibawah. Kabel las terdiri dari Lead yang dilapisi dengan karet, kain, dan penguat lapisan fabric, seperti ditunjukkan dalam gambar. holder elektroda dikenal sebagai Lead elektroda. Lead dari benda kerja ke mesin dikenal sebagai Lead benda kerja. Tegangan pada Lead bervariasi antara 14 dan 80 Volt.



Gambar. Lead las busur listrik

Lead terdiri dari beberapa ukuran, Semakin kecil nomornya, semakin besar diameter Lead. Tabel dibawah ini menunjukkan daftar ukuran dan kapasitas arus untuk Lead tembaga. Lead harus fleksibel agar bisa mereduksi regangan pada tangan welder ketika sedang mengelas, dan juga memudahkan instalasi kabel. Untuk tujuan fleksibelitas ini, digunakan 800 sampai 2500 kawat pada masing-masing kabel.Kabel listrik berdiamater sama harus digunakan pada Lead elektroda maupun Lead benda kerja. Panjang Lead mempengaruhi ukuran kapasitas mesin las.

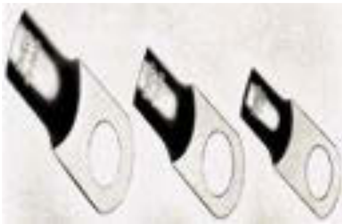
Daya hantar arus Lead alumunium sebesar 61% dari Lead tembaga. Untuk kapasitas arus tertentu, diameter Lead alumunium lebih besar dibandingkan Lead tembaga. Lead alumunium biasanya menggunakan alumunium murni, alumunium semi-annealed, dan alumunium electrolytic.



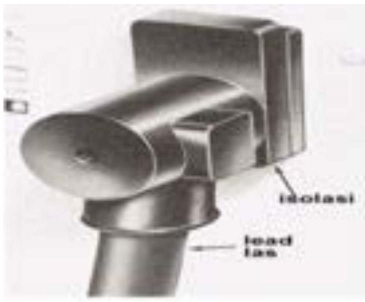
Tabel Lead las busur

arus dalam ampere panjang dalam inch dan meter					
nomor lead	diameter lead		panjang 0-50 ft 0-15,2 m	panjang 50-100 ft 15,4-30,5 m	panjang 100-250 ft 30,5-76,2 m
	in.	mm			
4/0	.959	24.4	600	600	400
3/0	.827	21.0	500	400	300
2/0	.754	19.2	400	350	300
1/0	.720	18.3	300	300	200
1	.644	16.4	250	200	175
2	.604	15.3	200	195	150
3	.568	14.4	150	150	100
4	.531	13.5	125	100	75

Konektor Lead







Untuk menghantarkan arus secara konsisten yang digunakan dalam pengelasan, semua bagian dalam sirkuit pengelasan harus di desain dengan baik termasuk terminalnya. Lead tembaga atau alumunium diikatkan pada mesin las dan benda kerja dengan terminal yang dilapisi atau yang tidak dilapisi. Terminal yang tidak dilapisi disebut lugs seperti ditunjukkan pada gambar disamping. Lug ini disolder atau dilekatkan secara mekanis pada Lead, seperti ditunjukkan pada gambar. Lug merupakan alat tetap untuk menempelkan kabel elektroda dan kabel benda kerja kepada mesin atau meja kerja.

Sambungan harus tahan lama dan harus memiliki tahanan rendah agar sambungan tidak mengalami overheat selama pengelasan. Arus akan mengalir tidak stabil jika sambungannya longgar.

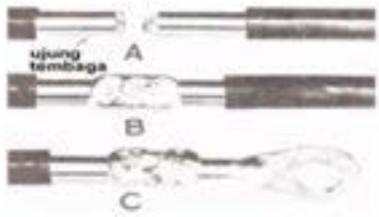
Juga terdapat jenis sambungan untuk menghubungkan satu Lead ke Lead lain.

Metode penyambungan terminal pada Lead dengan cara sebagai berikut:

1. Mekanik
2. Penyolderan
3. Pematrian
4. Pengelasan

Penjepit alumunium digunakan pada penyambungan kabel alumunium dengan pemegang elektroda dan dengan terminal lain. Namun lead juga dapat dipatri alumunium pada sambungan alumunium maupun sambungan tembaga. Sebaiknya tidak melakukan penyambungan dengan cara pembengkokan, hal ini disebabkan lead cenderung memisah dari terminalnya jika disambung dengan cara pembengkokan. Sambungan mekanik harus kuat dan bersih.









Metode penyambungan kabel las tembaga dengan mengelas *Lead* tembaga pada terminal atau dengan bagian lain. Salah satu proses yang digunakan adalah metode pengelasan tembaga dimana tidak memerlukan sumber panas luar. Oksida serbuk tembaga dan serbuk alumunium ditempatkan di mangkok grafit kecil dan dipanaskan dengan alat pemercik api.

Oksidasi yang cepat pada serbuk menimbulkan panas yang cukup untuk mengelas *Lead* tembaga dan terminal sehingga menghasilkan hasil las yang baik.

Peralatan yang diperlukan dalam penyambungan ini dan hasil *Lead* las ditunjukkan pada gambar disamping. Kabel dikupas lapisannya kira-kira satu inchi dari ujung yang akan disambung.

Kemudian kedua ujung kabel yang akan di sambung diletakkan pada tengah lubang penampungan, dan di kunci dengan penjepit. Bahan las dan oksidanya di bakar dengan mengunakan pemercik api selama kirakira sepuluh menit, dan akhirnya terbentuk hasil las

Penyambungan yang baik pada lead benda kerja dan lead elektroda sangat penting pada mesin AC maupun DC. Lead benda kerja biasanya diikat pada meja las memakai alat penyambung atau terminal yang dilapisi. Seringkali kabel benda kerja dikencangkan dengan artikel yang dilas, karena ukuran atau lokasinya.

Penjepit harus digunakan secara hati-hati untuk menghindari kerusakan pada permukaan logam. Juga telah tersedia terminal Lead benda kerja magnet yang mengikat dengan cepat pada bahan yang akan dilas.

Hal ini memudahkan dalam menganti posisi ground untuk memperoleh karakteristik busur yang lebih baik, dan tidak merusak atau mengganggu artikel yang dilas. Lead benda kerja baik yang disolder maupun diikat secara mekanik dengan peralatan magnet permanen ini, dan welder bisa dengan mudah memindahkan posisi pada sembarang permukaan besi.

Pemegang (Holder) elektroda

Holder elektroda adalah bagian peralatan las busur yang dipegang oleh welder ketika mengelas. Holder ini digunakan untuk menahan elektroda logam atau karbon. Lead elektroda biasanya disambung dengan holder elektroda dengan menggunakan penyambung mekanik didalam handle elektroda.



Handle terbuat dari bahan pelapis yang mempunyai tahanan panas tinggi dan tahanan listrik yang rendah. Holder elektroda dibuat untuk menyeimbangkan pegangan tangan welder. Ada sejumlah metode yang digunakan untuk menjepit elektroda dalam holder. Salah satunya metode adalah konstruksi pincer dan memiliki sebuah pegas untuk menghasilkan tekanan sehinnga diperoleh sambungan yang baik antara holder dan elektroda.

Daerah kontak antara elektroda dengan holder elektroda seharusya bersih. Pembersihan daerah kontak dengan menggunakan sikat kawat. Rahang holder elektroda juga harus dibersihkan dengan menggunakan ampelas atau alat lain yang sesuai. Pada waktu melakukan pengelasan yang berat, seharusnya holder elektroda dilengkapi dengan shield (plat kecil tahan panas). Shield ini untuk mencegah panas radiasi dari las ke tangan welder.



Memasang dan melayani peralatan las

Sebelum melakukan pengelasan terlebih dahulu yang harus dipahami adalah pemasangan kabel las pada mesin las untuk jenis pengkutuban tertentu dan pemasangan kabel las pada penjepit elektroda serta klem massa, menyalakan mesin las dan mengatur arus las yang sesuai dengan tebal bahan yang dilas dan diameter elektroda yang digunakan dalam pengelasan

a. Memasang kabel pada mesin las

Ada beberapa bentuk mesin las yang digunakan pada pengelasan busur manual, perbedaan bentuk mesin las tergantung dari pabrik pembuat mesin las.

Dari perbedaan bentuk ini berbeda pula cara pemasangan kabel pada mesin las yaitu menggunakan socket penyambung atau ada pula yang menggunakan baut pengikat yang digunakan untuk memasangkan kabel pada mesin las.

1. Pemasangan kabel pada mesin las yang menggunakan penyambung socket.

   Untuk jenis mesin las seperti ini sangat mudah menyambungkan kabel pada mesin las yaitu dengan langkah sebagai berikut :

   a. Masukkan ujung kabel pada rumah kabel lakukan penyambungan kabel dengan menggunakan kunci pas.
   b. Tutup kembali sambungan kabel pada rumah kabel las dengan isolator yang telah merupakan bagian dari penyambung kabel.
   c. Masukkan pen penyambung kabel pada socket yang ada pada mesin las dengan memperhatikan alur pada cocket mesin las.
   d. Putar searah jarum jam untuk menetapkan kedudukan sambungan kabel terikat dengan kuat.

2. Pesangan kabel pada mesin las yang menggunakan baut pengikat.

   Untuk jenis mesin las seperti perlu disiapkan kunci pemutar baut dengan ukuran sesuai dengan baut yang digunakan untuk pengikatan terminal kabel las, pemasangan kabel pada mesin las yaitu dengan langkah sebagai berikut :

   a. Siapkan terminal kabel yang terbuat dari pelat tembaga untuk menjepitkan kabel las.
   b. Jepitkan kabel las pada terminal kabel dengan kuat.
   c. Pasangkan terminal kabel pada terminal kabel yang ada pada mesin las dengan menggunakan baut yang tersedia.
   d. Ikatkan baut pengikat dengan kuat dengan menggunakan kunci pas.
   e. Balut sambungan kabel dengan menggunakan isolasi khusus untuk listrik tegangan tinggi.

3. Memasang kabel las pada penjepit elektroda dan klem massa

   Pemasangan kabel las pada penjepit elektroda (holder) dan klem massa menggunakan terminal kabel terbuat dari pelat tembaga yang diikatkan dengan menggunakan baut pengikat atau ada jenis penjepit elektroda kedalam lubang penjepit dengan menggunakan pengganjal pipa tembaga.

   Untuk pemasangan kabel las pada penjepit elektroda dan klem massa adalah sebagai berikut :

   a. Jepitkan kabel las pada terminal kabel dengan kuat.
   b. Ikat terminal kabel yang telah terpasang pada kabel las dengan menggunakan baut pengikat dengan kuat.
   c. Pasangkan pemegang bagian luar untuk penjepit elektroda serta pasangkan baut pengikat dengan memutar baut pengikat dengan kuat.

d. Untuk pemasangan kabel pada klem massa sebaiknya dilakukan pembalutan dengan isolasi pada bagian sambungan kabel.

b. Melayani peralatan las busur manual

Untuk memudahkan memahami cara mengoperasikan mesin las di bawah ini ditunjukkan macam-macam bentuk mesin las baik untuk mesin las AC maupun mesin las DC yang menggunakan generator pembangkit las

Pada bagian ini hanya akan di jelaskan cara melayani peralatan las salah satu bentuk mesin las AC dan mesin las DC dengan menggunakan generator pembangkit

1. Melayani mesin las AC

   Secara prinsip dari berbagai macam bentuk mesin las AC mempunyai kesamaan pada langkah pengoperasiannya dari mulai menghidupkan mesin las sampai pada pengaturan amper yang digunakan dalam pengelasan dan hanya berbeda pada cara mesin tersebut dihidupkan dan amper mesin diatur karena ada yang menggunakan hendel atau tombol untuk menyalakan mesin serta ada yang menggunakan piringan, hendel pemutar atau salkar untuk mengatur amper mesin las, adapun langkah-langkah yang umum adalah :

   - Aturlah besarnya arus mesin las dengan memutar hendel pengatur arus, dengan memutarkannya searah jarum jam untuk menambah besar dan kearah berlawanan untuk memperkecil sebelum mesin las dihidupkan.
   - Lihat pada indicator ukuran arus las untuk memastikan besarnya arus las yang diatur yang ada pada bagian mesin las.

- Pasangkan klem massa pada meja las dan elektroda pada penjepit elektroda untuk melakukan persiapan mengelas.

- Nyalakan mesin las dengan memutar saklar atau hendel mesin las, salah satu tanda yang dapat dikenali apabila mesin las dalam keadaan hidup yaitu mesin las terdengar bergetar.

2. Melayani mesin las DC

   Ada perbedaan yang sangat prinsip untuk melayani mesin las DC dibandingkan dengan mesin las AC, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan arus las dilakukan dengan membangkitkan generator baik generator motor bensin maupun motor disel, pada bagain ini hanya akan dijelaskan untuk generator dengan motor yaitu :

   - Lakukanlah pengecekan terlebih dahulu terhadap ketersediaan bahan bakar apabila menggunakan generator yang digerakkan oleh motor bensin atau diesel.
   - Lakukanlah pemutaran tombol untuk menghidupkan motor dengan memperhatikan handel pemasukan gas pada motor diesel.
   - Apabila motor telah hidup lakukan penyetelan generator sehingga normal.
   - Lakukan pengaturan ampere dengan memutarkan saklar arus.
   - Pasangkan klem massa pada meja las dan elektroda pada penjepit elektroda untuk melakukan persiapan mengelas.
   - Lakukan pengelasan dengan aman.

2.2.3. Rangkuman

1. Pesawat las

   Pesawat-pesawat las yang digunakan pada pengelasan busur manual bermacam-macam, tapi bila ditinjau dari jenis arus yang keluar dari mesin las dapat digolongkan sebagai berikut :

   a. Pesawat las arus bolak-balik (AC).
   b. Pesawat las arus searah (DC).
   c. Pesawat las AC-DC.

2. Arus listrik pada pengelasan busur manual

   a. Arus searah (arus AC)
   b. Arus bolak balik (arus DC)

   Pada penggunaan arus searah dalam pengelasan dapat dilakukan dengan dua cara pengutuban yang akan mempengaruhi terhadap hasil lasan yang ingin didapatkan.

   b. Pengkutuban langsung

      Pada pengkutuban langsung, kabel elektroda dipasang pada terminal negatif dan masa pada terminal positif.

   c. Pengkutuban terbalik

      Untuk pengkutuban terbalik, kabel elektroda di pasang pada terminal positif dan kabel masa dipasang pada terminal negatif.

3. Kabel Las

   Kabel las biasanya dibuat dari tembaga yang dipilih dan dibungkus dengan karet isolasi.

4. Pemegang elektroda (holder)

   Ujung yang tidak berselaput dari elektroda dijepit dengan pemegang elektroda, pemegang elektroda terdiri dari mulut penjepit dan pegangan yang dibungkus oleh bahan penyekat. Pada waktu berhenti atau selesai mengelas, bagian pegangan yang tidak berhubungan dengan kabel digantungkan pada gantungan dari bahan fiber atau kayu.

Sebelum melakukan pengelasan terlebih dahulu harus dipahami adalah pemasangan kabel las pada mesin las untuk jenis pengkutuban tertentu dan pemasangan kabel las pada penjepit elektroda serta klem massa, menyalakan mesin las dan mengatur arus las yang sesuai dengan tebal bahan yang dilas dan diameter elektroda yang digunakan dalam pengelasan.

1. Memasang Kabel Pada Mesin Las
   a. Pemasangan kabel pada mesin las yang menggunakan penyambung socket.
   b. Pemasangan kabel pada mesin las yang menggunakan baut pengikat.
   c. Pemasangan kabel las pada penjepit elektroda dan klem massa

      Pemasangan kabel las pada penjepit elektroda (holder) dan klem massa menggunakan terminal kabel terbuat dari pelat tembaga yang diikatkan dengan menggunakan baut pengikat atau ada jenis penjepit elektroda dengan pemasangan kabel memasukkan kabel kedalam lubang penjepit dengan menggunakan pengganjal pipa tembaga

2. Melayani Peralatan Las Busur Manual
   a. Melayani mesin las AC

      Secara prinsip dari berbagai macam bentuk mesin las AC mempunyai kesamaan pada langkah pengoperasiannya dari mulai menghidupkan mesin las sampai pada pengaturan ampere.

   b. Melayani mesin las DC

      Ada perbedaan yang sangat prinsip untuk melayani mesin las DC dibandingkan dengan mesin las AC, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan arus las dilakukan dengan membangkitkan generator baik generator motor bensin maupun motor.

2.2.4. Tugas

Lakukanlah tugas-tugas belajar di bawah ini:

1. Identifikasi macam jenis mesin las berdasarkan sumber arus listrik yang digunakan untuk membangkitkan busur listrik.
2. Pahami jenis dan macamnya serta penggunaan alat bantu las sesuai dengan spesifikasinya.
3. Lakukan pemasangan peralatan las sesuai dengan jenis dan spesifikasinya.
4. Lakukan latihan untuk mengoperasikan peralatan las sesuai dengan prosedur operasi standar.

2.2.5. Tes Formatif

1. Sebutkan macam-macam jenis mesin las yang digunakan pada pengelasan busur manual !
2. Sebutkan jenis arus listrik yang digunakan untuk membangkitkan busur pada pengelasan !
3. Sebutkan jenis pengutuban yang dilakukan pada penggunaan mesin las DC !
4. Sebutkan alasan pemilihan jenis pengutuban pada pengelasan dengan menggunakan mesin las DC !
5. Sebutkan jenis kabel las yang merupakan unit perlengkapan mesin las !

2.2.6. Lembar jawaban tes Formatif

1. ....
   ....
   ....
   ....
2. ....
   ....
   ....
   ....
3. ....
   ....
   ....
   ....
4. ....
   ....
   ....
   ....
5. ....
   ....
   ....
   ....



2.2.7. *Lembar Kerja Peserta Didik*

No.	Peralatan las SMAW	Uraian

2. 3. Kegiatan Belajar 9 : Karakteristik Busur Las SMAW

2.3.1. Tujuan Pembelajaran

Peserta dapat memahami karakteristik busur las SMAW.

2.3.2. Uraian Materi

Karakteristik Busur Las

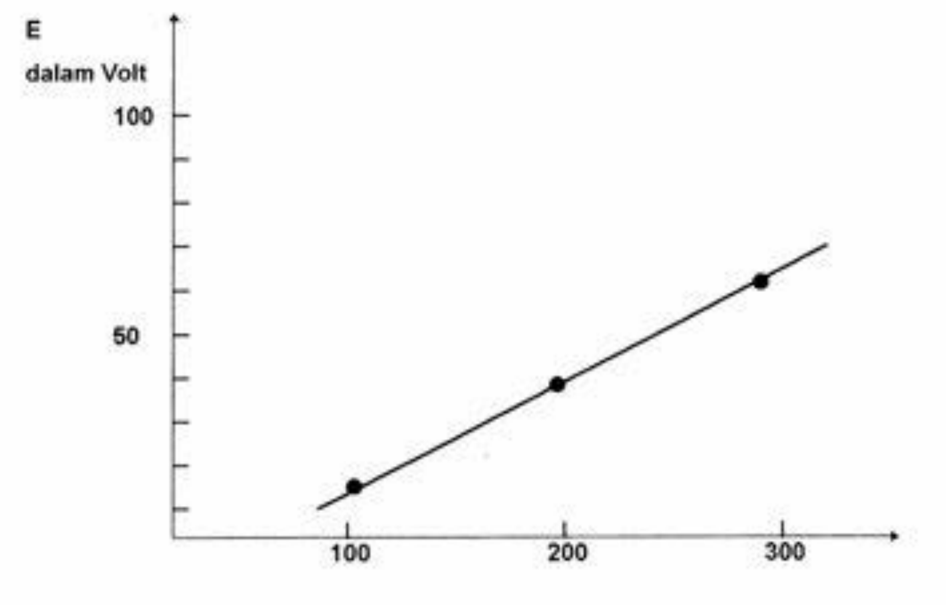
Berdasarkan hokum Ohm kita dapat menentukan harga kuat arus, tegangan maupun tahanan. Misalnya ditentukan **R** = 0,2 Ω dan harga **I** bervariasi, maka **E** dapat dihitugn sebagai berikut :

Untuk I = 100 A → E = R.I = 0,2 . 100 = 20 Volt

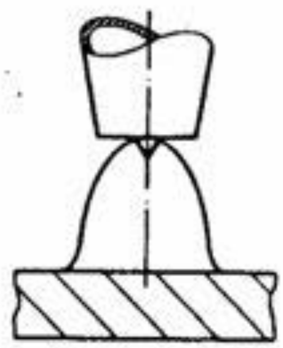
Untuk I = 200 A → E = 0,2 . 200 = 40 Volt

Untuk I = 300 A → E = 0,2 . 300 = 60 Volt

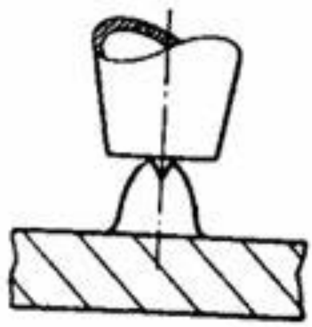
Nilai hasil perhitungan tersebut dapat dituliskan pada diagram dibawah ini yang lazim disebut garis karakteristik busur las.



Sehingga pada setiap perubahan panajng las akan menimbulkan penambahan nilai, tahanan, tegangan dan kuat arus. Lihat gambar dibawah ini :



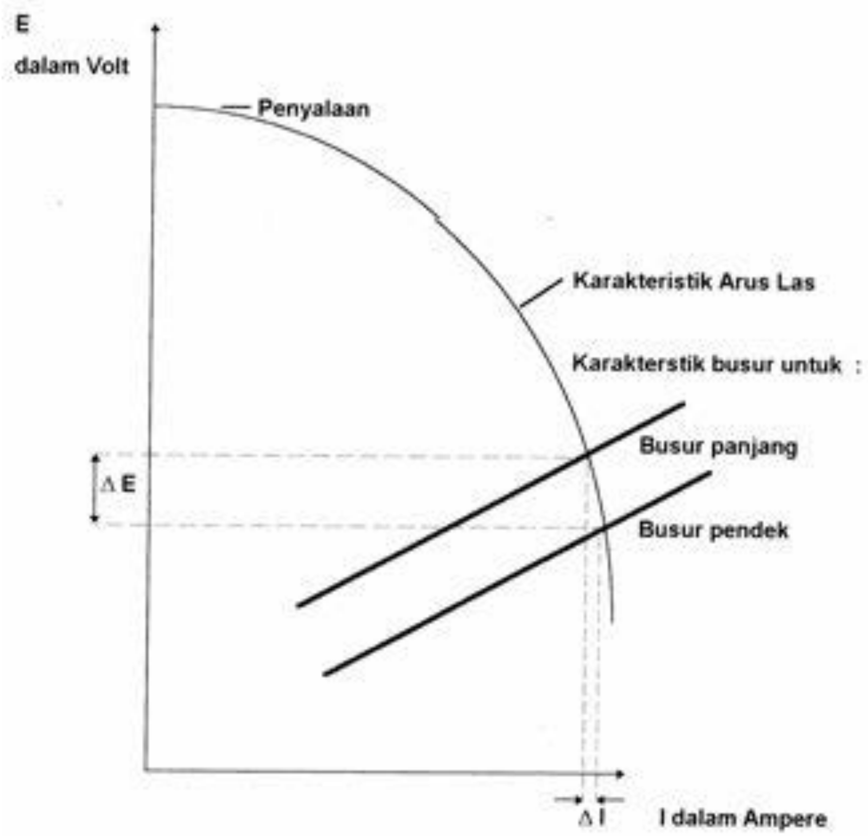
R dan E naik



R dan E turun

Karakteristik Arus Las

Pada las listrik (SMAW) arus yang digunakan adalah arus las dengan karakter menurun, lihat gambar :



Keuntungan dari karakter arus ini adalah :
Pada busur las pendek atau panjang, maka arus lasnya hanya sedikit. Hal ini berarti bahwa energi busur las relative konstan

Rangkuman

Tugas

Tes Formatif

Tes formatif dilakukan dengan soal praktek yang sama, yaitu membuat sambungan Fillet / sambungan sudut luar untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran kemudian hasilnya diserahkan pembimbingnya untuk dilakukan penilaian

Lembar Jawaban tes Formatif



Lembar Kerja Peserta Didik

Laporan praktek membuat . sambungan Fillet / sambungan sudut luar

Nama peserta :
Kelas :
Lama Pengerjaan : Mulai tanggal ………….. pukul ……………
Selesai tanggal ……….. pukul …………….

I. Bahan

1. (Sebutkan bahan yang digunakan termasuk elektrodaberapa banyaknya……………………………………………………..……
2. ………………………………………………………………….....
3. …………………………………………………………………….
4. dst

II. Peralatan

1. (Sebutksn peralatan kerja yang digunakan)
2. ……………………………………………………………………….
3. ……………………………………………………………………….
4. ……………………………………………………………………….
5. ……………………………………………………………………….
6. dst

III. Keselamatan kerja

1. (sebutkan peralatan keselamatan yang digunakan)………………..
2. …………………………………………………………………...…
3. …………………………………………………………………………..
4. ……………………………………………………………………….
5. ……………………………………………………………………….
6. dst

IV. Cara kerja / tahapan pekerjaan

1. (uraikan tahapan pekerjaan yang dilakukan) ……………………….
2. …………………………………………………………………………...
3. …………………………………………………………………………...
4. …………………………………………………………………………...
5. dst

V. Gambar Kerja

2. 4. Kegiatan Belajar 10 : Unjuk Kerja (Duty Cycle) Mesin Las SMAW

2.4.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah pembelajaran ini siswa dapat menjelaskan unjuk kerja (Duty Cycle) mesin las sesuai dengan spesifikasinya.

2.4.2. Uraian Materi

Semua tipe mesin las diklasifikasikan/ diukur berdasarkan besarnya arus yang dihasilkannya (*current output*) pada suatu besaran tegangan (*voltage*). Ukuran ini ditetapkan oleh fabrik pembuatnya sesuai dengan standar yang berlaku pada negara pembuat tersebut atau standar internasional, di mana standar tersebut menetapkan kemampuan maksimum mesin las untuk beroperasi secara aman dalam batas waktu tertentu.

Salah satu ukuran dari mesin las adalah persentase dari "***duty cycle***".

Duty cycle adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*).

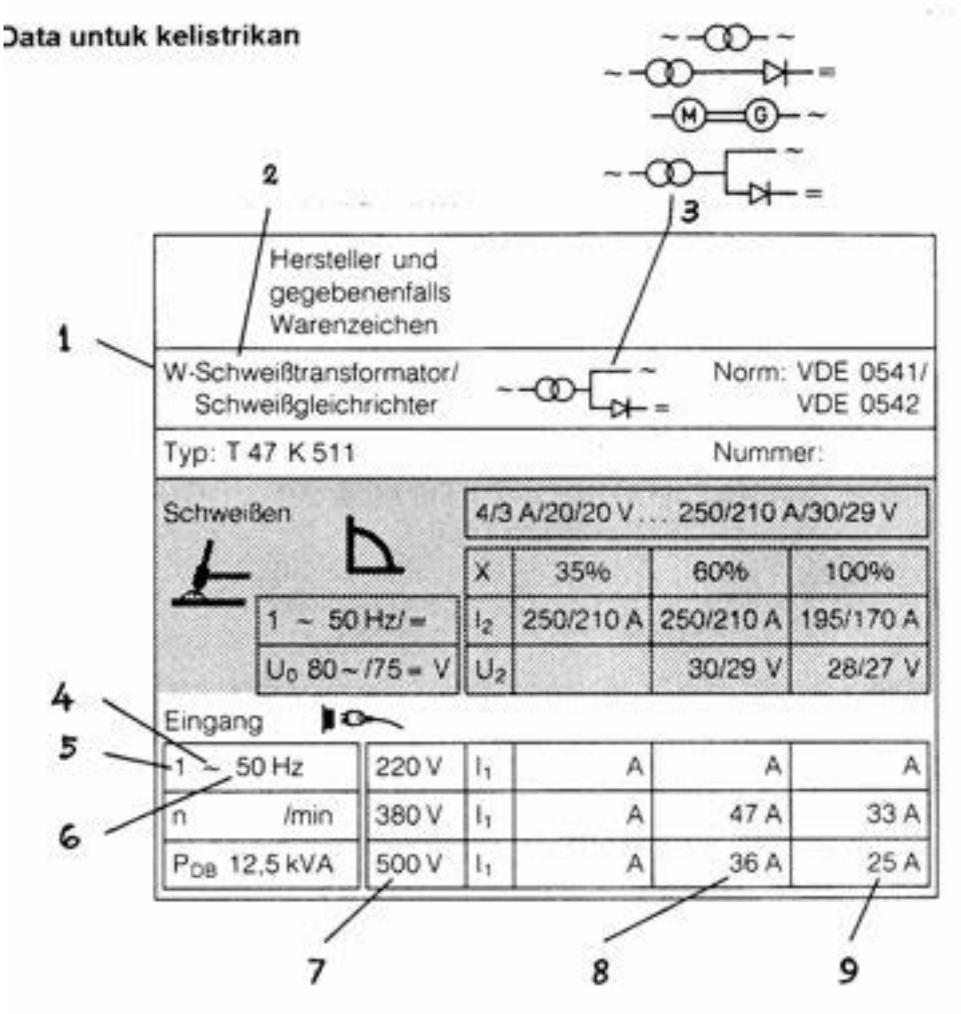
Sebagai contoh, jika suatu mesin las berkemampuan 300 Amper dengan *duty cycle* 60%, maka artinya mesin las tersebut dapat dioperasikan secara aman pada arus 300 Amper pengelasan selama 60% per 10 menit penggunaan (6/10).

Jika penggunaan mesin las tersebut dibawah 60% (*duty cycle* diturunkan), maka arus maksimum yang diizinkan akan naik. Dengan demikian, jika misalnya '*duty cycle'* nya hanya 35% dan besar arusnya tetap 300 Amper, maka mesin las akan dapat dioperasikan pada 375 Amper.

Hal tersebut berdasarkan perhitungan :

- Selisih : 60% - 35 % = 25 %
- Peningkatan : 25/60 x 300 = 125, sehingga 60% x 125 = 75 Amper.
- Arus maksimum yang diizinkan = 75 + 300 = 375 Amper.

Label Spesifikasi

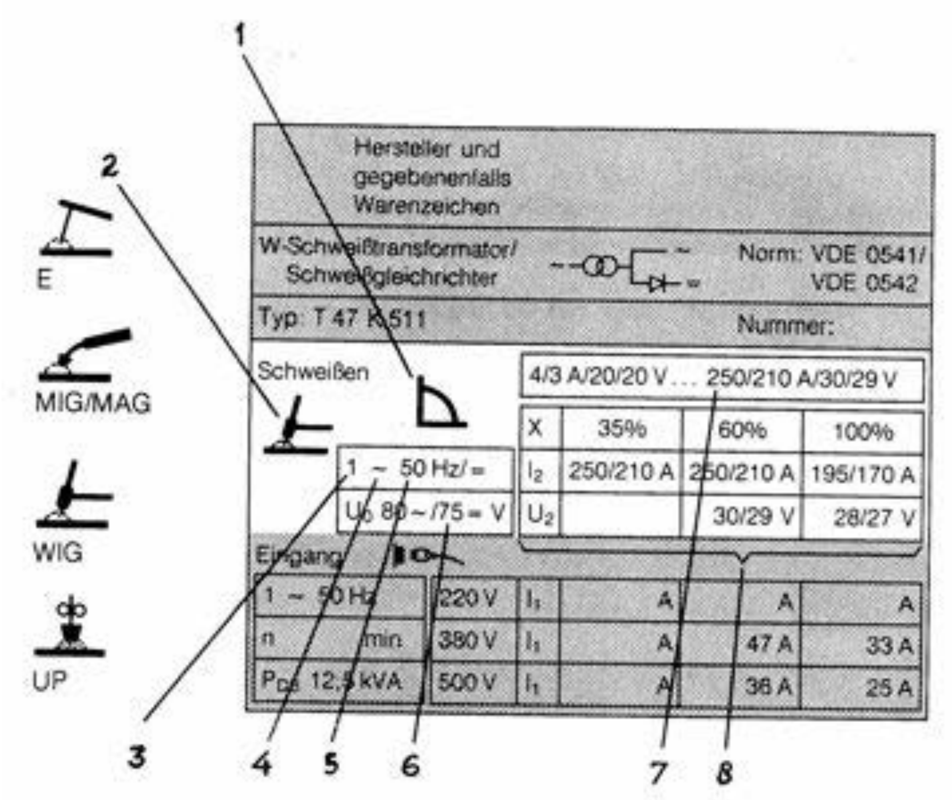


Keterangan :

1. Jenis jaringan listrik
2. jenis sumber arus las
3. Simbol perangkat las
4. Tanda untuk jenis arus
5. Jumlah phase
6. Jumlah frekuensi
7. Harga tegangan masuk (pilitan 380 Volt dan 500 Volt)
8. Arus masuk (awal)
9. Arus masuk (kerja)

Label Spesifikasi

Data untuk pengelasan



Keterangan :

1. Simbol karakterristik sumber arus
2. Simbol jenis las
3. Jumlah phase
4. Simbol jenis arus
5. Frekuensi
6. Tegangan kosong terendah dan tertinggi
7. Daerah penyetelan
8. Data arus kerja
9. Waktu Kerja Efektif

Batas arus kerja sering disebut Hand Welding Operation (HWO) adalah menunjukkan waktu kerja efektif dari mesin las pada nilai arus tertentu.

Dari label spesifikasi dapat dilihat atau dibaca sebagai berikut :

Waktu kerja efektif didasarkan atas kerja secara terus menerus selama 5 menit. Pada nilai x = 35 % ; I_2 = 250 / 210 A

Maka waktu kerja efektif = 35 % . 5 menit = 1,75 menit

Pada nilai x = 60 % ; I_2 = 250 / 21 A ; U_2 = 30 / 29 Volt

Maka waktu kerja efektif = 60 % . 5 menit = 5 menit

Artinya :

Bila x = 60 % maka lama pengelasan hanya boleh selama 3 menit , 2 menit selebihnya sebagai waktu istirahat.

Bila x = 100 % maka pengelasan boleh dilakukan secara terus menerus. Tingkat efektifitas waktu kerja dapat digunakan sebagai dasar dalam pemilihan mesin las.

2.4.3. Rangkuman

2.4.4. Tugas

2.4.5. Tes Formatif

2.4.6. Lembar Jawaban tes Formatif

2.4.7. Lembar Kerja Peserta Didik



Elektroda Las Las busur listrik manual (SMAW)

1. Deskripsi pembelajaran

Elektroda bersalutan adalah jenis elektroda yang dipakai pada proses las busur manual, terdiri dari kawat inti dan dilapisi selaput/ salutan atau fluksi. Adapun jenis kawat inti dan salutan tersebut dijadikan faktor pembeda antara satu dengan yang lainnya pada klasifikasi elektroda.

Adanya klasifikasi elektroda diperlukan karena keberagaman jenis bahan dan bentuk konstruksi yang digunakan dalam manufaktur , sehingga dengan demikian, klasifikasi elektroda akan memudahkan dalam pemilihan dan penggunaan elektroda tersebut.

Klasifikasi elekrtoda las busur manual ini mengacu pada *American Welding Society* (AWS) *Specification*, yakni Spesifikasi A5.1 untuk *mild steel* dan A5.5 untuk *low-alloy steel* yang secara umum penamaan atau kode serta penggunaannya

2. Kegiatan Belajar

2.1. Kegiatan Belajar 12 - 13 : Klasifikasi dan Kodifikasi Elektroda Las SMAW

2.1.1. *Tujuan Pembelajaran*

Setelah pelatihan ini peserta dapat :

- Mengidentifikasi fungsi dan ukuran elektroda.
- Menjelaskan klasifikasi elektroda.
- Menjelaskan kode dan penggunaan elektroda.
- Menjelaskan macam-macam salutan dan jenis elektroda.

2.1.2. *Uraian materi*

Pendahuluan

Pada las busur listrik manual (SMAW), elektroda yang digunakan adalah elektroda terbungkus, dimana terdiri dari batang kawat (inti) dan salutannya (flux). Kawat elektroda dan salutannya akan mencair didalam

busur selama proses pengelasan dan membentuk rigi-rigi las / kampuh las.

Dimana salutan / fluks dari elektroda tersebut berfungsi sebagai pelindung, yang mana dapat melindungi cairan las dari pengaruh udara luar. Adapun salutan (flux) ini terdiri dari campuran bahan mineral dan zat kimia dan inilah yang menentukan karakter pengoperasian dan komposisi pada akhir pengelasan.

Jenis arus las yang dipakai adalah arus AC, DC + atau DC - , dan akan berubah sesuai dengan jenis elektroda yang dipergunakan dan ini diharapkan dapat memilih jenis elektroda secara berhati-hati sebelum dipergunakan untuk mengelas. Karena bila arus las yang dipergunakan sesuai dengan ukuran dan jenis dari elektrodanya, maka akan dapat menghasilkan lasan yang baik dan edial, dan bila arus las nya tidak sesuai, maka akan menyebabkan hasil lasan menjadi tidak memuaskan atau dapat dikatakan performasi dari elektroda menjadi jelek.

Elektroda tersebut perlu dan harus disimpan ditempat yang kering dengan temperatur ruangan kira-kira 40º C, agar tidak lembab karena adanya pengaruh kelembaban udara. Dan secepat mungkin ditutup kembali (dirapatkan) bila bungkus elektroda tersebut terbuka, dan juga seharusnya disimpan kembali didalam kabinet yang mempunyai sirkulasi udara yang temperaturnya dapat dikontrol antara 40º C sampai dengan 100º C dan juga tergantung dari jenis elektrodanya. Contoh, elektroda low hydrogen dengan temperatur 100ºC dan elektroda rutile dengan temperatur 40º C. Jadi dapat dikatakan bahwa penyimpanan, penanganan, dan perawatan elektroda tersebut adalah sangat penting artinya karena dapat menjaga agar salutan dari elektroda tetap dalam kondisi yang baik. Karena elektroda dapat menyerap embun / kelembaban udara bila penyimpanannya tidak benar, dan kelembaban ini berdampak hilangnya karakter elektroda dan kualitas endapan logam lasan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya porosity pada hasil lasan dan menambah lemahnya struktur lasan yang mengakibatkan retak pada saat pemakaiannya.



Masalah-masalah yang muncul akibat salutan elektroda yang terlalu lembab yaitu :

- Sulit dalam membuang terak.
- Salutan menjadi merah terbakar terutama jenis cellulosa.
- Terjadi porosity pada logam hasil lasan.
- Nyala busur menjadi tidak stabil.
- Percikan busur las berlebihan.
- Retak pada logam las atau pada daerah pengaruh panas (HAZ).

Elektroda yang lembab dapat direkondisi dan dikeringkan kembali untuk mengurangi kelembaban yang berlebihan. Tetapi bagaimanapun juga semua jenis elektroda memerlukan sedikit kelembaban dan bila terlalu kering juga dapat merusak elektroda tersebut dan berdampak pada performasinya.

Contoh :

- **Elektroda Rutile.**

Untuk memperoleh hasil pengelasan yang baik elektroda rutile perlu sedikit lembab, yang mana sudah direncanakan selama proses pembuatan, bahwa elektroda ini tidak boleh terlalu kering. Bila elektroda rutile ini menjadi lembab maka keringkan kembali pada temperatur 170° C selama 30 menit.

- **Elektroda Cellulosa.**

Elektroda cellulosa ini perlu sedikit lebih tinggi prosentase kelembabannya untuk memperoleh performasi yang lebih baik, bila terlalu kering, tegangan busur listrik menjadi berkurang dan akan berakibat pada karakter pengoperasiannya.

- **Elektroda Low Hydrogen.**

Apabila elektroda low hydrogen ini lembab, maka elektroda ini harus dikeringkan kembali pada temperatur antara 250° C sampai dengan 350° C selama 2 jam. Jangan melewati batas temperatur dan waktu maksimum yang diijinkan karena dapat menyebabkan perubahan kimia dalam salutannya yang akan berakibat perubahan secara tetap pada performasi elektroda tersebut.



- **Elektroda bersalut serbuk Besi (Iron powder).**

Elektroda dengan bahan tambah salutan serbuk besi, bila mengalami kelembaban, maka harus dikeringkan kembali pada temperatur 250º C selama 2 (dua) jam.

Catatan :

Temperatur diatas hanya merupakan petunjuk prosedur pengkondisian secara umum dan temperatur pengeringan elektroda yang lebih rinci dapat diperoleh dari petunjuk dan spesifikasi melalui supplier elektroda.

Ikutilah petunjuk temperatur yang disarankan oleh pabrik pembuat elektroda tersebut, jika kurang kering maka lembab tidak akan hilang, dan jika terlalu kering dapat merubah sifat dan karakteistik pemakaian elektroda itu sendiri.

- ***Buanglah semua elektroda yang tercemar udara lembab yang tinggi, dan jangan sekali-kali digunakan untuk mengelas material yang sensitif terhadap bahaya retak.***

Pengetahuan dalam pemilihan elektroda merupakan suatu persyaratan mutlak yang harus dimiliki oleh setiap ahli las dan merupakan hal yang sangat dianjurkan bagi juru las yang baik dan berkualifikasi.

Dalam hal ini elektroda dibagi menjadi elektroda baja karbon, elektroda baja paduan dan elektroda bukan besi (non ferros). Namun elektroda berdasarkan fungsinya dalam kaitan dengan hubungan pengelasan sebagai elektroda listrik yang habis terpakai (consumable), dikarenakan adanya loncatan busur nyala listrik, yang diakibatkan adanya jarak yang sengaja dan dijaga ketetapan ukurannya antara elektroda tersebut dengan benda kerja. Elektroda ini ada yang langsung terpakai dan ada juga yang secara tidak langsung, misalnya pada las TIG / Gas Tungsten Arc Welding (GTAW). Elektroda langsung habis terpakai dipergunakan pada las busur listrik manual (Shielded Metal Arc Welding – SMAW), sedang pelindungnya dapat berupa gas yang berasal dari terbakarnya lapisan pelindung kimia (coating) elektroda tersebut

atau berupa butir-butir / serbuk zat pelindung oksidasi seperti yang dipergunakan pada las busur rendam (Submerged Arc Welding – SAW).

Elektroda yang tidak langsung habis terpakai, biasanya terbuat dari logam tungsten yang tahan terhadap panas yang sangat tinggi. Elektroda jenis ini dipakai hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik, yang nantinya dapat meleburkan logam induk dan logam tambah lainnya yang lazim disebut batang las (Welding rod). Dan sebagai alat pelindung oksidasi dipakai berbagai jenis gas pelindung seperti : Argon, Helium, Gas plasma dan lain–lain.

Untuk maksud penjelasan bahan tertentu, bahan tambah yang berupa elektroda atau batang las haruslah terbuat dari logam yang sama dengan bahan induk atau yang cocok / sesuai dengan logam dasar yang akan disambung. Di bawah ini dicantumkan sketsa penampang suatu proses pengelasan SMAW dan SAW, disini tampak fungsi dari lapisan dan butir / serbuk pelindung oksidasi yang berfungsi untuk melindungi cairan logam las maupun logam yang sedang panas sampai membara dari proses oksidasi.

Lapisan pelindung oksidasi sewaktu terbakar menjadi cair dan sekaligus menghasilkan gas yang cukup banyak sehingga dapat melindungi cairan las selama proses pengelasan berlangsung. Selanjutnya cairan zat lapisan pelindung tersebut ikut mencair dan mengalir ke dalam cairan las, yang dikarenakan adanya perbedaan berat jenis yang lebih kecil dari pada cairan logam, maka dari itu cairan lapisan pelindung tersebut mengapung diatas permukaan cairan las dan selanjutnya menutupi / melindungi alur las (weld head) yang terjadi setelah cairan logam las membeku. Cairan lapisan pelindung tersebut ikut membeku dan

berubah menjadi lapisan kerak yang keras dan rapuh, lazim disebut slag / terak. Slag / terak tersebut bersifat mudah pecah apabila mendingin sehingga mempermudah pembuangannya setelah fungsi perlindunganya tidak diperlukan lagi.

Butir / serbuk pelindung oksidasi sebenarnya juga terbuat dari bahan kimia yang sama dengan lapisan pelindung (coating), yakni mencair dan mengapung diatas cairan logam dan bersama-sama membeku serta sekaligus menutupi alur las yang terjadi di bawah tumpukan butir-butir pelindung oksidasi yang tidak ikut mencair. Jadi seandainya karena suatu dan lain hal butir-butir tersebut terhembus pergi sewaktu alur las belum mendingin, maka dijamin tidak akan terjadi proses oksidasi pada logam las karena adanya lindungan lapisan terak / slag tersebut.

Klasifikasi elektroda.

Adapun lapisan pelindung tersebut diatas terdiri dari beberapa jenis yang disesuaikan dengan maksud dan cara perlindungannya yang tepat untuk berbagai jenis pengelasan.

Adapun jenis – jenis lapisan pelindung dimaksud adalah sebagai berikut :

- High iron oxide.
- High titania potasium.
- Iron powder, titania.
- High titania sodium.
- Low hidrogren potassium.
- High cellulose sodium.
- High cellulose potassium.
- Low hydrogren sodium.
- Low hydrogren potassium.
- Iron powder, low hydrogren.



Zat kimia lapisan pelindung dimaksudkan untuk menghasilkan gas sebanyak – banyaknya sewaktu mencair karena panas busur nyala listrik, dan setelah mendingin cairan kimia tersebut membeku / mengeras menjadi sejenis terak yang disebut slag. Gas yang dihasilkan maupun terak (slag) yang terjadi tersebut dimaksudkan untuk melindungi bahan las dari pengaruh udara luar sewaktu dalam keadaan cair dan panas membara, karena hal tersebut akan dapat bereaksi dengan zat asam menjadi oksida yang praktis tidak mempunyai kekuatan mekanis sama sekali, sehingga keberadaannya di dalam sambungan las akan memperlemah sambungan tersebut. Dimana dalam berbagai penggunaan lapisan pelindung (fluk) tersebut dapat dilihat pada tabel klasifikasi elektroda.

Simbol elektroda dan fungsinya.

Berhubung sangat banyaknya jenis-jenis elektroda yang dipergunakan untuk berbagai jenis proses pengelasan, maka untuk memudahkan pemilihannya / pengidentifikasiannya agar sesuai dengan bahan yang akan dilas dan cara pengelasannya, maka dibuatlah sistem simbol atau kode yang akan dapat mengidentifikasi jenis-jenis bahan lapisan pelindungnya, kekuatan mekanisnya, posisi / cara pengelasannya dan jenis arus serta polaritas listrik yang dikehendaki. Masing-masing negara industri maju menyusun simbol-simbol standar mereka masing-masing, dalam hal ini untuk keuntungan mereka sendiri, sehingga jumlah dan jenis simbol tersebut menjadi sangat banyak.

Namun demikian dengan persetujuan diantara mereka, terdapat kesamaan-kesamaan ataupun kemiripan dalam sifat mekanis maupun susunan kimianya, sehingga dapat disusun suatu daftar konversi guna alternatif pemakaian seandainya suatu pihak / pemilik menghendaki jenis elektroda buatan suatu negara tertentu. Dari masing-masing standar tersebut dijabarkan pula simbol-simbol pembuatan, selanjutnya oleh pihak–pihak pabrik membuat

untuk keperluan penjualan mereka sendiri, sehingga jumlahnya makin bertambah saja, misalnya Lincoln tipe fleetweld 5P/E6010, Philips tipe C23H, dan lain-lain.

Modul ini disusun berdasarkan cara-cara dan metode yang berorientasi kepada AWS (American Welding Society), sehingga simbol-simbol yang dipakai disini berdasarkan standar AWS tersebut. Adapun daftar konversi AWS dengan Standar Indonesia dan standar-standar lainnya akan disusun dalam terbitan tersendiri.

Berikut adalah daftar simbol/kode identifikasi elektroda dan batang las berdasarkan AWS. Adapun cara pembacaan sistem identifikasi tersebut adalah sebagai berikut :

E berarti Elektroda.

R berarti Rod atau batang las.

B berarti Brazing atau solder.

Cu berarti Cuprom atau tembaga.

Si berarti Silicon atau silisium.

Bahan las jenis hidrogen rendah (low hydrogen), seperti E 7015, E 7016, E 7018, E 7028 dan E 7048, mengandung sejumlah gas hidrogen beberapa saat setelah dilaskan. Gas hidrogen ini secara perlahan-lahan akan menghilang sebagian besar setelah 2 hingga 4 minggu pada suhu kamar, atau setelah 24 hingga 48 jam pada suhu 95° hingga 105°C. Perubahan kandungan hidrogen ini tidak akan mempengaruhi kuat batas mulur (yield strenght), kuat tarik (tensile strenght) dan kuat tumbuk (impact strenght), kecuali duktilitasnya bertambah.

Toleransi ukuran dari elektroda.

Toleransi garis tengah kawat inti (core) berkisar ± 0,002 inchi atau ± 0,05 mm dari ukuran standar. Toleransi kawat inti berkisar ± 1/4 inchi (± 6,35 mm). Lapisan pelindung harus konsentrasi terhadap



kawat inti dengan toleransi ukuran kawat inti maks +1 dan ukuran antara kawat inti min +1 tidak melebihi 7% ukuran rata-rata untuk garis tengah 1/16" ; 5/64" dan 3/32" (1,6 ; 2,0 mm, dan 2,4 mm); 5% ukuran rata-rata untuk garis tengah 1/8" dan 5/32" (3,2 mm dan 4 mm); 4% ukuran rata-rata untuk garis tengah 3/16" (4,8 mm) keatas.

Kandungan Air.

Kandungan air maksimum untuk lapisan pelindung elektroda baja karbon jenis low hydrogen (E 7016, E 7018, E 7028 dan E 7048) sebagai aslinya dari pabrik pembuat atau setelah kondisi fisiknya diperbaiki kembali tidak boleh melebihi 0,6% dari berat semula.

Bagian elektroda yang tidak berlapis pelindung.

Bagian elektroda yang tidak berlapis/bersalut yang dimaksudkan untuk nantinya dijepit oleh holder / pemegang elektroda las adalah sebagai berikut :

Ukuran Elektroda	Bagian tidak bersalut	Jarak holder kelapisan / salutan
5/32" (4,0 mm)	½" (13 mm)	1 ¼" (30 mm)
3/16" (4,8 mm)	¾" (19 mm)	1 ½ " (40 mm)

Untuk pengumpan (feeder) yang otomatis, bagian elektroda yang tidak bersalut untuk holder / pemegang tidak boleh kurang dari 1" (25,4 mm), dan ujung elektroda harus terbuka. Sisi salutan / lapisan pelindung pada ujung elektroda tersebut harus diserongkan untuk dapat memudahkan penggoresan / perolehan busur nyala pendahuluan. Salutan tersebut harus menyelubungi kawat inti paling sedikit ½ lingkaran kawat tersebut dari nyala busur listrik sejarak yaitu sebagai berikut :

- Untuk elektroda low hydrogen ½ garis tengah kawat atau 1/16" (1,6 mm) pilih yang terkecil

- Untuk jenis elektroda lainnya 2/3 garis tengah kawat atau 3/32” (2,4 mm) pilih yang terkecil.

Perbaikan Kondisi Fisik.

Semua jenis elektroda diuji dalam keadaan sebagaimana diterima dari pemasok, kecuali jenis low hydrogen. Untuk jenis belakangan ini bila diterima dalam keadaan kurang menyakinkan / tidak cukup terlindung dari kelembaban sewaktu penyimpanan, harus selalu dipanaskan terlebih dahulu didalam oven elektroda, sebelum dipakai untuk pengujian, yakni dipanaskan pada suhu 500^0 F hingga 800^0 F atau 260^0 C hingga 427^0 C selama kurang lebih 2 jam.

Pengujian Elektroda.

Semua jenis elektroda diuji untuk dapat menentukan mutu, yakni apakah sesuai dengan semua persyaratan suatu elektroda las tersebut baik atau tidak. Adapun cara / proses pengujiannya adalah sebagai berikut :

- Uji analisis kimiawi, dimana komposisi kimia elektroda baja karbon tidak boleh melebihi limitasi-limitasi yang tertera pada tabel limit komposisi logam las.
- Uji mekanis, dimana uji mekanis tersebut meliputi uji tarik bahan yang sudah dilas secara tranversal.
- Uji tumbukan (charphy v-notch impact test).
- Uji lengkung, dimana bahan yang sudah dilas secara longitudinal terarah (longitudinal guided bend test).
- Uji las fillet, dimana setelah bahan dilas secara fillet hasil lasan diuji dari sifat ujudnya (visual check) untuk menentukan apakah las fillet bebas dari retakan, overlap, terak terperangkap (slag inclusion), porositas permukaan dan undercut yang lebih dalam dari 1/32” (0,8 mm).



Kecembungan (convex) dan panjang kakinya harus sesuai dengan yang tertera pada tabel berikut ini :

Syarat Ukuran Las Fillet untuk pengujian Elektroda :

UKURAN LAS FILLET		KECEMBUNGAN MAKSIMUM		BEDA MAKSIMUM PANJANG KAKI-KAKI LAS FILLET	
inchi	mm	inchi	mm	inchi	mm
1/8	3.2	3/64	1.2	1/32	0.8
5/32	4.0	3/64	1.2	3/64	1.2
7/16	4.8	1/16	1.6	1/16	1.6
7/32	5.6	1/16	1.6	5/64	2.0
1/4	6.4	1/16	1.6	3/32	2.4
9/32	7.1	1/16	1.6	7/64	2.8
5/16	8.0	5/64	2.0	1/8	3.2
11/32	8.7	5/64	2.0	9/64	3.6
3/8	9.5	5/64	2.0	5/32	4.0

Ukuran standar dan panjang.

Ukuran standar dan panjang elektroda tercantum dalam tabel di bawah ini :

Ukuran standar kawat inti		*Klasifikasi Panjang Standar*			
		E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E 6022, E 7014, E 7015, E 7016, E 7018		**E 6020, E 6027, E 7024, E 7027, E 7028, E 7048**	
inchi	**mm**	**inchi**	**mm**	**inchi**	**mm**



1/16	1.6	-	230	-	-
5/64	2.0	9/12	230/300	-	-
3/32	2.4	12/14	300/350	12/14	300/350
1/8	3.2	14/18	350/450	14/18	350/450
5/32	4.0	14/18	350/450	14/18	350/450
3/16	4.8	14/18	350/450	14/18	350/450
7/32	5.6	14/18	350/450	18/28	450/700
1/4	6.4	18	450	18/28	450/700
5/16	8.0	18	450	18/28	450/700

Kodefikasi Elektroda.

Tanda / kode untuk elektroda las telah dinormalisasikan menurut standart, hal Ini dimaksudkan untuk meringankan tukang las dalam memilih elektroda dan mempergunakannya.

Contoh: Normalisasi elektroda menurut D I N 1913.

E 51 2 2 RR 6 DIN 1913

E 43 2 2 R(C) 3 DIN 1913

Tanda singkatan untuk elektroda (SMAW)

Tanda tegangan tarik minimal.
Hanya ada kedua tanda angka 43 dan 51.

Tanda angka untuk pengembangan dan pukul takik.
Ada enam tanda angka dari 0 – 5. Sesuai tanda angka, maka tiap kali ada ketetapan suhu percobaan ada ketentuan minimal dari pengembangan dan pukul takik.

Tanda angka untuk pukul takik yang semakin tinggi.
Ada enam tanda angka dari 0 – 5. Sesuai dengan tanda angka, pada tiap ketentuan suhu percobaan ada ketentuan kenaikan pukul takik minimal.

Tanda singkatan untuk tipe selubung / fluks / coating.
Dari empat tipe dasar (A, R, B, C) tersusun sepuluh macam tanda singkatan tipe.

Tanda angka untuk klasifikasi.
Ada dua belas tanda angka dari 1 – 12.

Normalisasi elektroda las menurut D I N.

Selubung (fluks/coating) elektroda.

Batang elektroda dibedakan berdasarkan pada tebal selubung dan tipe selubungnya. Ketentuan -ketentuan yang diperlukan tersebut dapat dibaca pada tanda-tanda yang ada pada elektroda.

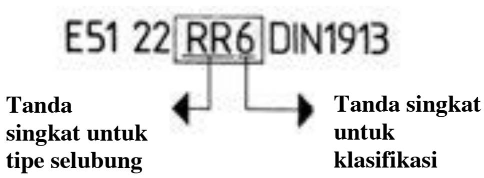
Berdasarkan ketebalan dari selubungnya orang dapat mengenal yaitu :

Selubung tipis dan selubung tebal, dimana angka pengenal untuk klasifikasi menunjukkan makin tebalnya selubung, tanda angka nya semakin besar.

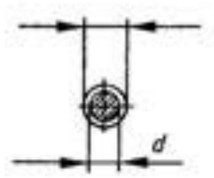
Angka 1 dan 2 menunjukkan selubungnya tipis.

Angka 3 dan 4 menunjukkan selubungnya sedang.

Angka 5 sampai 10 menunjukkan selubungnya tebal.

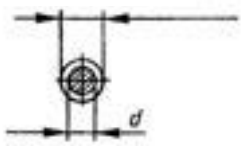


D sampai 1,2 d



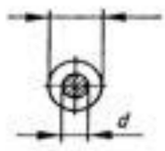
Selubung tipis

D di atas 1,55 d



Selubung sedang

D 1,2d – 1,55 d



Selubung tebal

d = diameter batang inti
D = diameter luar

Angka 11 dan 12 menunjukkan elektroda tersebut berkekuatan tinggi.

Dengan meningkatnya tebal selubung elektroda, maka sifat mekanis dari hasil pengelasan dan bahan lasnya akan semakin tinggi.

Disamping dari ketebalan selubung, jenis / tipe dari selubungnya juga dapat mempengaruhi kualitas kampuh / hasil lasan.

Tanda singkatan untuk tipe selubung tersebut terdiri dari empat huruf.

Dalam garis besarnya huruf ini berarti :

A = Kadar besi (Fe) tinggi.

B = Kadar mangan (Mn) sifat basanya tinggi.

C = Kadar selulose tinggi.

R = Kadar mineral rutil tinggi.

Jenis-jenis selubung yaitu antara lain :

A = Jenis selubung asam.

R = Jenis selubung rutil (tipis &sedang).

RR = Jenis selubung rutil (tebal).

AR = Jenis selubung rutil asam (tipe campuran).

C = Jenis selubung selulosa.

R (C) = Jenis selubung rutil selulosa (sedang).

RR (C) = Jenis selubung rutil selulosa (tebal).

B = Jenis selubung basa.

B (C) = Jenis selubung basa dengan bagian tak basa.

RR (B) = Jenis selubung rutil basa (tebal).

Beberapa huruf yang berbeda menunjukkan pada kode suatu jenis campuran, dimana jenis selubung tersebut dapat mempengaruhi pencairan dari bahan tambahnya.

Dan juga mudah atau tidak mudahnya mencairnya terak las tersebut tergantung pada jenis dari selubungnya.



Tabel klasifikasi elektroda menurut standarisasi AWS.

Klasifikasi AWS	Jenis kimia pelindung	Posisi pengelasan yang paling sesuai	Jenis arus listrik
Elektroda seri E60			
E6010	High cellulose sodium	Semua posisi	DC +
E6011	High cellulose potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E6012	High titania sodium	Semua posisi	ACatau DC –
E6013	High titania potassium	Semua posisi	AC atau DC ±
E6020	High iron oxide	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC –
E6022	High iron oxide	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ±
E6027	High iron oxide, iron powder	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ±
Elektroda seri E70			
E7014	Iron powder, titania	Semua posisi	AC atau DC ±
E7015	Low hydrogen sodium	Semua posisi	DC +
E7016	Low hydrogen potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E7018	Low hydrogen potassium, iron powder	Semua posisi	AC atau DC +
E7024	Iron powder, titania	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ±
E7027	High iron oxide, iron powder	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ±
E7028	Low hydrogen potassium, iron powder	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC +
Seri E70 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 70.000 psi (480 Mpa)			
E7010-X	High cellulose sodium	Semua posisi	DC +
E7011-X	High cellulose potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E7015-X	Low hydrogen sodium	Semua posisi	DC +
E7016-X	Low hydrogen potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E7018-X	Iron powder, low hydrogen	Semua posisi	AC atau DC +
E7020-X	High iron oxide	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ±

E7027-X	Iron powder, iron oxide	Datar, horisontal las sudut	AC atau DC ±
Seri E80 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 80.000 psi (550 Mpa)			
E8018-X	High cellulose sodium	Semua posisi	DC +
E8011-X	High cellulose potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E8013-X	High titania potassium	Semua posisi	AC atau DC ±
E8015-X	Low hydrogen sodium	Semua posisi	DC +
E8016-X	Low hydrogen potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E8018-X	Iron powder, low hydrogen	Semua posisi	AC atau DC +
Seri E90 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 90.000 psi (620 Mpa)			
E9010-X	High cellulose sodium	Semua posisi	DC +
E9011-X	High cellulose potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E9013-X	High titania potassium	Semua posisi	AC atau DC ±
E9015-X	Low hydrogen sodium	Semua posisi	DC +
E9016-X	Low hydrogen potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E9018-X	Iron powder, low hydrogen	Semua posisi	AC atau DC +
Seri E100 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 100.000psi (690 Mpa)			
E10010-X	High cellulose sodium	Semua posisi	DC +
E10011-X	High cellulose potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E10013-X	High titania sodium	Semua posisi	AC atau DC ±
E10015-X	Low hydrogen sodium	Semua posisi	DC +
E10016-X	Low hydrogen potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E10018-X	Iron powder, low hydrogen	Semua posisi	AC atau DC +
Seri E110 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 110.000psi (760 Mpa)			
E11015-X	Low hydrogen sodium	Semua posisi	DC +
E11016-X	Low hydrogen potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E11018-X	Iron powder, low hydrogen	Semua posisi	AC atau DC +
Seri E120 dengan kuat tarik min. bahan dilaskan 120.000 psi (830 Mpa)			
E12015-X	Low hydrogen sodium	Semua posisi	DC +
E12016-X	Low hydrogen potassium	Semua posisi	AC atau DC +
E12018-X	Iron powder, low hydrogen	Semua posisi	AC atau DC +



Bagan klasifikasi elektroda menurut standarisasi AWS.

1 huruf	2 atau 3 angka	1 Angka	1 Angka
E	• Kekuatan Tarik • Titik Luluh • Regangan	Posisi	Selubung / Fluks

SIMBOL	POSISI
1	Semua Posisi
2	Datar dan Horizontal Las Sudut
3	Hanya untuk Posisi Datar

Jenis Selubung, Arus, dan Polaritas

Simbol	Kekuatan Tarik min. dalam psi (kg/mm^2)	Titik Luluh min. dalam psi	Regangan dalam %/2"
E 60 XX	60.000 (42)	50.000	22
E 70 XX	70.000 (49)	60.000	22
E 80 XX	80.000 (56)	67.000	19
E 90 XX	90.000 (63)	77.000	17
E 100 XX	100.000 (70)	87.000	16
E 110 XX	110.000 (77)	97.000	-

JENIS SELUBUNG, ARUS DAN POLARITAS :

E XXX <u>0</u> ⇒ Elektroda las selulosa natrium tinggi (DC +).

E XXX 1 ⇒ Elektroda las selulosa kalium tinggi (AC atau DC +).

E XXX 2 ⇒ Elektroda las natrium titania tinggi (AC atau DC –).

E XXX 3 ⇒ Elektroda las kalium titania tinggi (AC atau DC ±).

E XXX 4 ⇒ Elektroda las titania, serbuk besi (AC atau DC ±).

E XXX 5 ⇒ Elektroda las natrium hidrogen rendah (DC +).

E XXX 6 ⇒ Elektroda las kalium hidrogen rendah (AC atau DC +).

E XXX 7 ⇒ Elektroda las serbuk besi,oksida besi (AC atau DC ±).

E XXX 8 ⇒ Elektroda las serbuk besi, hidrogen rendah (AC atau DC+).

Perlakuan panas pada elektroda.

Apabila suatu deposit las diberi perlakuan panas, maka suhu dan waktu rendam (Soaking time), yakni selama deposit las tersebut berada pada suhu yang dikehendaki untuk menghilangkan tegangan yang sangat berperan penting. Dimana batas mulur dan kuat tarik suatu bahan baja biasanya berkurang dengan naiknya suhu dan berjalannya waktu rendam. Sebagai contoh; dua buah benda las yang sama-sama dilas dengan elektroda low hydrogen dengan klasifikasi yang sama, maka WPS (Welding Prosedure System) sama dengan suhu antar panas sama pula, yaitu 300 $^{\pm 25^\circ}$ F (150 $^{\pm 14^\circ}$ C) akan berbeda kuat tariknya apabila yang satu diselesaikan tanpa perlakuan panas, sedangkan yang lain diberi perlakuan panas setelah usai dilas. Kuat tarik sambungan las yang diberikan perlakuan panas 1.150 $^{\pm 25^\circ}$ F (620 $^{\pm 14^\circ}$C) menjadi 5.000 Psi lebih rendah dari yang tidak mendapat perlakuan panas



usai dilas, dan batas mulurnya menjadi 10.000 Psi lebih rendah dari yang tanpa perlakuan panas. Sebaliknya jika kedua-duanya mendapat perlakuan panas yang agak berbeda, kedua sambungan las tersebut akan memeiliki batas mulur dan kuat tarik yang hampir sama, misalnya yang satu diberi perlakuan panas $1.150^{\pm 25^\circ}$ F dengan suhu antar panas $300^{\pm 25^\circ}$ F ($150^{\pm 14^\circ}$ C) dan waktu rendam 1 jam, dan yang lain diberi perlakuan panas $1.150^{\pm 25^\circ}$ F dan suhu antar panas 200 hingga 225° F (93° C hingga 107° C) serta waktu rendam 8 hingga 10 jam.

Kandungan air pada salutan/lapisan pelindung (coating).

Elektroda dibuat dengan limit kandungan air pada salutannya yang dapat diterima tergantung dari jenis salutan dan kekuatan kawat intinya.

Elektroda low hydrogen E 7016, E 7018, E 7028, dan E 7048 sangat peka terhadap penyerapan air. Salutan organiknya dirancang untuk mengandung sangat sedikit kelembaban sehingga penyimpanannya harus sangat teliti / hati-hati. Kandungan air maksimum yang diperbolehkan untuk jenis elektroda ini hanya 0,6%. Jika ternyata elektroda pernah diletakkan pada lokasi yang terbuka sehingga diperkirakan elektroda melebihi batas yang diperbolehkan, maka agar dapat dipergunakan kembali elektroda tersebut harus dipanaskan kembali hingga 800° F (425° C) selama 2 jam untuk dapat menghilangkan kandungan air tersebut.

Berikut adalah daftar syarat-syarat penyimpanan dan pengeringan elektroda.

Syarat Penyimpanan dan Pengeringan Elektroda :

Klasifikasi AWS	Udara luar	Oven Penyimpanan	Pengeringan
E 6010, E 6011,	Suhu udara luar	Tidak disyaratkan	Tidak disyaratkan
E 6012, E6013, E 6020, E 6022, E 7027, E 7014, E 7024	$80^{\pm 20°}$ F ($30^{\pm 10°}$C) dengan kelembaban relatip maks. 50%	20° F (10°C) hingga 40° F (20°C) diatas suhu udara di luar.	$275^{\pm 25°}$ F ($135^{\pm 15°}$C) selama 1 Jam waktu rendam.
E 7015, E 7016 E 7018, E7028, E7048	$80^{\pm 20°}$F ($30^{\pm 10°}$C) dengan kelembaban relatip maks. 50%	50° F (30° C) hingga 250° F (140°C) diatas suhu udara luar	$475^{\pm 25°}$ F ($245^{\pm 15°}$ C) selama 2 jam waktu rendam

Untuk pengelasan pada daerah-daerah sub tropis maupun daerah dingin, khususnya pada musim dingin, maka diperlukan pemanasan pendahuluan bagi setiap pengelasan, demikian juga isolasi untuk memperlambat pendinginan guna mencegah proses quenching (penyepuhan). Untuk pengelasan di daerah pantai yang anginnya cukup besar, maka sebelum pengelasan kampuh harus benar-benar bersih dan kering untuk mencegah proses pengaratan akibat titik-titik air garam yang terhembus angin dan mengumpul di dalam kampuh-kampuh las.

Limit komposisi kimiawi bahan elektroda :

Klasifikasi AWS	Persentase maksimum komposisi kimiawi					
	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E 6020, E 6022, E 6027	Tidak ada limit spesifik					
E 7016, E 7018, E 7027	1.60	0.75	0.3	0.2	0.3	0.08
E 7014, E 7015, E 7024, E 7028, E 7048	1.25	0.9	0.3	0.2	0.3	0.08

2.1.3. *Rangkuman*

1. Pada las busur listrik manual (SMAW), elektroda yang digunakan adalah elektroda terbungkus, dimana terdiri dari batang kawat (inti) dan salutannya (flux).
2. Salutan (fluks) dari elektroda berfungsi sebagai pelindung, yang mana dapat melindungi cairan las dari pengaruh udara luar.
3. Penyimpanan, penanganan, dan perawatan elektroda sangat penting artinya karena dapat menjaga agar salutan dari elektroda tetap dalam kondisi yang baik.
4. Elektroda dibagi menjadi elektroda baja karbon, elektroda baja paduan, dan elektroda bukan besi (*non ferrous*).
5. Bahan tambah yang berupa elektroda atau batang las haruslah terbuat dari logam yang sama dengan bahan induk atau yang cocok dan sesuai dengan logam dasar yang akan disambung.
6. Elektroda baja karbon jenis *low hydrogen* sebelum digunakan, sebaiknya dipanaskan terlebih dahulu di dalam oven elektroda pada suhu 260^{o} C hingga 427^{o} C selama kurang lebih 2 jam.
7. Macam-macam pengujian elektroda meliputi uji analisis kimiawi, uji mekanis, uji pukul takik, uji lengkung, dan uji las fillet.
8. Tanda/kode untuk elektroda las telah dinormalisasikan menurut standart, hal ini dimaksudkan untuk meringankan tukang las dalam memilih elektroda dan mempergunakannya.
9. Kandungan air untuk lapisan pelindung elektroda baja karbon jenis *low hydrogen* tidak boleh melebihi 0,6% dari berat semula.



2.1.4. *Tugas*

Pada las busur listrik manual, bahan tambah yang digunakan sering disebut dengan elektroda. Mari kita cari tahu tentang elektroda SMAW sebanyak-banyaknya! Ambil satu batang elektroda SMAW! Kemudian, perhatikan elektroda yang berada di tanganmu! Apa yang kamu ketahui tentang elektroda SMAW? Tuliskan pendapatmu!

Dengan cara yang sama, lakukan pada jenis elektroda yang lain!

2.1.5. *Tes Formatif*

Jawablah soal-soal di bawah ini dengan baik dan benar!

1. Sebutkan bagian-bagian dari elektroda las SMAW!
2. Sebutkan fungsi dari salutan/fluks yang terdapat pada elektroda las SMAW!
3. Apa pengaruhnya bila saat proses pengelasan menggunakan elektroda yang sangat lembab?
4. E 7016 dan E 7018 merupakan simbol atau kode elektroda yang dikeluarkan oleh …
5. Sedangkan E 51 22 RR 6 DIN 1913 merupakan simbol atau kode elektroda yang dikeluarkan oleh ….
6. Berapakah kandungan air maksimum yang diperbolehkan pada elektroda baja karbon jenis *low hydrogen*?
7. Jelaskan macam-macam pengujian pada elektroda!
8. Jelaskan macam-macam elektroda berdasarkan ketebalan selubungnya!
9. Jelaskan empat huruf sebagai tanda singkatan untuk tipe selubung!
10. Jelaskan penunjukkan masing-masing angka pada klasifikasi elektroda E 7016!



2.1.6. *Lembar Jawaban Tes Formatif*

1. . ...
2. . ...
3. . ...
4. . ...
5. . ...
6. . ...
7. . ...
8. . ...
9. . ...
10. . ...

2.1.7. *Lembar Kerja Peserta Didik*

No.	Tipe Elektroda	Uraian



2.2. Kegiatan Belajar 14 : Penanganan Elektroda SMAW

2.2.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah pelatihan ini peserta dapat :

- Mengidentifikasi fungsi dan ukuran elektroda.
- Menjelaskan kode dan penggunaan elektroda.
- Menjelaskan klasifikasi elektroda.
- Menjelaskan macam-macam salutan dan jenis elektroda.
- Menjelaskan penyimpanan, penanganan, serta rekondisi elektroda.

2.2.2. Uraian Materi

Fungsi dan Ukuran Elektroda

1. Fungsi Elektroda

Elektroda secara umum mempunyai fungsi :

- Inti elektroda :
  - Sebagai penghantar arus listrik dari tang elektroda ke busur yang terbentuk, setelah bersentuhan dengan benda kerja
  - Sebagai bahan tambah.

  Adapun bahan inti elektroda dibuat dari logam ferro dan non ferro misalnya :
  - Baja karbon
  - Baja paduan
  - Alumunium
  - Kuningan, dll
- Salutan elektroda :
  - Untuk memberikan gas pelindung pada logam yang dilas, melindungi kontaminasi udara pada waktu logam dalam keadaan cair.
  - Membentuk lapisan terak, yang melapisi hasil pengelasan dari oksidasi udara selama proses pendinginan.
  - Mencegah proses pendinginan agar tidak terlalu cepat.

- Memudahkan penyalaan.
- Mengontrol stabilitas busur.

Salutan elektroda peka terhadap lembab, oleh karena itu elektroda yang telah dibuka dari bungkusnya disimpan dalam kabinet pemanas (oven) yang bersuhu kira-kira 15^0 C lebih tinggi dari suhu udara luar. Apabila tidak demikian, maka kelembaban akan menyebabkan hal-hal sebagai berikut :

- Salutan mudah terkelupas, sehingga sulit untuk menyalakan
- Percikan yang berlebihan.
- Busur tidak stabil.
- Asap yang berlebihan

2. Ukuran Elektroda

Elektroda diproduksi dengan standar ukuran panjang dan diameter. Diameter elektroda diukur pada kawat intinya. Ukuran diameter elektroda secara umum berkisar antara 1,5 sampai dengan 7 mm, panjang antara 250 – 450 mm serta dengan tebal salutan antara 10% - 50% dari diameter elektroda.

Dalam perdagangan elektroda tersedia dengan beratnya 25 kg, 20 kg, atau 5 kg; dibungkus dalam dus atau kemasan yang terbuat dari kertas dan lapisan plastik pada bagian luarnya.

Biasanya pada tiap kemasan dituliskan ukuran elektroda, yaitu : berat per kemasan/kotak dan diameter elektrodanya, disamping identitas atau keterangan lain, antara lain : merk / fabrik pembuat, kode produksi dan kode elektroda, ketentuan-ketentuan penggunaan, dll.

a. Komposisi Tambahan Bahan Kimia (Paduan) :

Tambahan bahan paduan pada elektroda akan ditunjukkan dengan dua digit setelah empat/lima digit terakhir kode elektroda, seperti contoh : E 8018-B2, di mana “B2” tersebut adalah menunjukkan % kandungan bahan paduan pada elektroda tersebut.

Berikut ini adalah simbol komposisi bahan paduan yang biasa ditambahkan pada elektroda :

A1	C, 0,5 Mo
B1	0,5 Cr, 0,5 Mo
B2	1,25 Cr, 0,5 Mo
B3	2,25 Cr, 1 Mo
C1	2,5 Ni
C2	3,5 Ni
C3	1 Ni
D1	1,5 Mn, 0,25 Mo
D2	1 Mn, 0,25 Mo

Catatan :

C = Karbon

Cr = Chromium

Mo = Molybdenum

Ni = Nikel

Mn = Mangan

Contoh pembacaan kode elektroda las busur manual :

E 6013

E = elektroda.

60 = kekuatan tarik minimum = 60 x 1000 psi = 60.000 psi

1 = elektroda dapat dipakai untuk semua posisi

3 = tipe salutan adalah rutile dan arus AC atau DC.

E 8018-B2

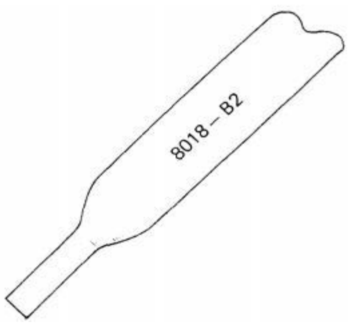
E = elektroda.

80 = kekuatan tarik minimum = 80.000 psi

1 = elektroda dapat dipakai untuk semua posisi

8 = tipe salutan adalah basic dan arus AC atau DCRP.

B2 = bahan paduan adalah 1,25 Cr, 0,5 Mo.



Gambar : Penulisan Kode Elektroda

Tipe Salutan dan Penggunaannya

1. Rutile

   Rutile adalah jenis elektroda untuk penggunaan umum dan dipakai untuk menyambung, pada pekerjaan-pekerjaan struktur dan baja lembaran. Elektroda ini mudah digunakan pada berbagai posisi, penetrasi sedang dengan percikan yang sedikit dan hasil las yang rapi/ halus.

2. Cellulose

   Elektroda cellulose membentuk terak yang sangat tipis yang cukup mudah dibersihkan. Untuk mengimbangi terak yang tipis, elektroda menghasilkan suatu volume gas pelindung yang besar untuk melindungi cairan logam selama proses pengelasan.

   Elektroda cellulose mempunyai karakteristik busur yang kuat dan agresif serta mencair dan membeku secara cepat. Penetrasinya dalam dengan percikan yang banyak, maka elektroda ini digunakan terutama untuk pengisian akar (root) pada pengelasan pipa, pelat dan baja profil.

3. Serbuk Besi

   Elektroda serbuk besi menghasilkan penetrasi yang dalam dan akan mencair dengan cepat bila arus pengelasan yang tinggi digunakan.

   Secara umum digunakan untuk menghasilkan penetrasi akar yang baik pada sambungan tumpul posisi di bawah tangan dan sambungan sudut posisi mendatar.

4. Low Hydrogen

   Elektroda low hydrogen akan mengahasilkan pengisian dengan sifat mekanik yang sangat baik.

   Elekroda jenis ini digunakan untuk mengelas baja karbon sedang, baja paduan atau untuk menghasil sambungan-sambungan yang kuat.

Untuk lebih jelasnya klasifikasi dan macam-macam jenis salutan serta penggunaan tiap - tiap elektroda tersebut dapat diuraikan pada tabel berikut ini :



Klasifikasi	Tipe Salutan	Arus	Penggunaan secara Umum
E XX10	Cellulose	DC Positif	- Pengelasan akar (root) - Pengelasan Pipa
E XX11		AC/DC Positif	
E XX12	Rutile	AC/DC Negatif	Penggunaan Umum
E XX13		AC/DC	
E XX14	Rutile, serbuk besi ± 30%	AC/DC	Penggunaan Umum
E XX15	Low hydrogen	DC Positif	Untuk penyambungan yang kuat dan kualitas tinggi
E XX16		AC/DC Positif	
E XX18	Low hydrogen, serbuk besi ± 25%	AC/DC Positif	
E XX20	Oksida Besi Kadar Tinggi (High Iron Oxide)	AC/DC	Untuk pengelasan akar (root) pada sambungan tumpul posisi di bawah tangan dan sambungan sudut posisi horizontal.
E XX24	Rutile, serbuk besi ± 50%	AC/DC	Untuk pengisian jumlah banyak/ cepat pada posisi di bawah tangan.
E XX27	Mineral, serbuk besi ± 50%	AC/DC	
E XX28	Low hydrogen, serbuk besi 50%	AC/DC Positif	Untuk pengisian jumlah banyak/ cepat dan sambungan yang kuat.

Berdasarkan American Welding Society (AWS) Specification, maka berikut ini adalah contoh klasifikasi elektroda untuk Spesifikasi A5.1 dan A5.5 :

TABEL KLASIFIKASI ELEKTRODA AWS A5.1-69

AWS Classification	**Tensile Strength, min, psi**	**Yield Point, min, psi**	**Elongation In 2 in., min, percent**	**Radiographic Standart** [a]	**V – Notch Impact** [d]
E 60 Series [b]					
E 6010	62,000	50,000	22	Grade II	20 ft/lb at - 20° F
E 6011	62,000	50,000	22	Grade II	20 ft/lb at - 20° F
E 6012	67,000	55,000	17	Not required	Not required
E 6013	67,000	55,000	17	Grade II	Not required
E 6020	62,000	50,000	25	Grade I	Not required
E 6027	62,000	50,000	25	Grade II	20 ft/lb at - 20° F
E 70 Series [c]					
E 7014			17	Grade II	Not required
E 7015			22	Grade I	20 ft/lb at - 20° F
E 7016	72,000	60,000	22	Grade I	20 ft/lb at - 20° F

E 7018			22	Grade I	20 ft/lb at - 20° F
E 7024			17	Grade II	Not required
E 7028			22	Grade II	20 ft/lb at - 20° F

SPESIFIKASI ELEKTRODA TERBUNGKUS DARI BAJA LUNAK (AWS)

Klasifikasi AWS/ASTM	**Jenis Fluks**	**Posisi**	**Jenis Listrik**	**Kekuatan tarik (Kg / mm^2)**	**Kekuatan luluh (Kg / mm^2)**	**Perpanjangan (%)**
E 6010	Natrium Selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC+	43,6	35,2	22
E 6011	Lakium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC / DC+	43,6	35,2	22
E 6012	Natrium titania tinggi	F, V, OH, H	AC / DC-	47,1	38,7	17
E 6013	Kalium titania tinggi	F, V, OH, H	AC / DC±	47,1	38,7	17
E 6020	Oksida besi tinggi	H-S, F	AC / DC- / DC±	43,6	35,2	25
E 6027	Serbuk besi, Oksida tinggi	H-S, F	AC / DC- / DC ±	43,6	35,2	25
E 7014	Serbuk besi titania	F, V, OH, H	AC / DC±			17
E 7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC+			22
E 7016	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC / DC+			22
E 7018	Serbuk besi hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC / DC+	50,6	42,2	22
E 7024	Serbuk besi, titania	H-S, F	AC / DC±			17
E 7028	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC / DC+			22

Kekuatan tarik pada kelompok E 60 setelah dilaskan 60.000 PSI atau 42,2 kg/mm^2

Kekuatan tarik pada kelompok E 70 setelah dilaskan 70.000 PSI atau 49,2 kg/mm^2

TABEL KLASIFIKASI ELEKTRODA AWS A5.5-69

Electrode Classifi - cation	**Composition (%)**								
	C	**Mn**	**P**	**S**	**Si**	**Ni**	**Cr**	**Mo**	**V**
Carbon Molybdenum Steel									
E7010-A1		0.60			0.40				
E7011-A1		0.60			0.40				
E7015-A1	0.12	0.90	0.03	0.04	0.60			0.40 - 0.65	
E7016-A1		0.90			0.60				
E7018-A1		0.90			0.80				
E7020-A1		0.60			0.40				



E7027-A1		1.00			0.40				
Chromiun Molybdenum Steel									
E 8016-B1 E 8018-B1	0.12	0.90	0.03	0.04	0.60 0.80		0.40 - 0.65	0.40 - 0.65	
E8015-B2L	0.05	0.90	0.03	0.04	1.00		1.00 - 1.50	0.40 - 0.65	
E 8016-B2 E 8018-B2	0.12	0.90	0.03	0.04	0.60 0.80		1.00 - 1.50	0.40 - 0.65	
E8018-B2L	0.05	0.90	0.03	0.04	0.90		1.00 - 1.50	0.40 - 0.65	
E9015-B3L	0.05	0.90	0.03	0.04	1.00		2.00 - 2.50	0.90 - 1.20	
E 9015-B3 E 9016-B3 E 9018-B3	0.12	0.90	0.03	0.04	0.60 0.60 0.80		2.00 - 2.50	0.90 - 1.20	
E 9018-B3L E8015-B4L E 8016-B5	0.05 0.05 0.07-0.15	0.90 0.90 0.40 - 0.70	0.03 0.03 0.03	0.04 0.04 0.04	1.80 1.00 0.03 - 0.60		2.00 - 2.50 1.75 - 2.25 0.40 - 0.60	0.90 - 1.20 0.40 - 0.65 1.00 - 1.25	
Nickel Steel									
E8016-C1 E8018-C1	0.12	1.20	0.03	0.04	0.60 0.80	2.00 - 2.75			
E8016-C2 E8018-C2	0.12	1.20	0.03	0.04	0.60 0.80	3.00 - 3.75			
E8016-C3 E8018-C3	0.12	0.40 - 1.25	0.03	0.03	0.80	0.80 - 1.10	0.15	0.35	0.05
Manganese Molybdenum Steel									
E9015-D1 E9018-D1	0.12	1.25 – 1.75	0.03	0.04	0.60 0.80			0.25 – 0.45	
E10015-D2 E10016-D2 E10018-D2	0.15	1.65 – 2.00	0.03	0.04	0.60 0.60 0.80			0.25 – 0.45	
Other Low - Alloy Steel									
EXX10-G EXX11-G EXX12-G EXX13-G					0.80				

EXX15-G EXX16-G EXX18-G E7020-G		1.00 min			min	0.50 min	0.30 min	0.20 min	0.10 min
E9018-M	0.10	0.60 – 1.25	0.030	0.030	0.80	1.40 - 1.80	0.15	0.35	0.05
E10018-M	0.10	0.75 – 1.70	0.030	0.030	0.60	1.40 – 2.10	0.35	0.25 – 0.50	0.05
E10018-M	0.10	1.30 – 1.80	0.030	0.030	0.60	1.25 – 2.50	0.40	0.30 – 0.55	0.05
E12018-M	0.10	1.30 – 2.25	0.030	0.030	0.60	1.75 – 2.25	0.30 – 1.50	0.30 – 0.55	0.05

Pemilihan Elektroda

Banyak hal yang dijadikan dasar dalam menentukan tipe elekroda yang akan digunakan pada suatu pengelasan. Namun secara umum penetapan penggunaan elektroda didasarkan atas hal-hal berikit ini :

1. Bentuk/jenis pekerjaan yang akan dibuat, yaitu : desain, jenis bahan, tebal bahan.
2. Tipe mesin las yang akan dipakai.
3. Karakteristik pengelasan, antara lain :
   - banyaknya pengisian
   - kekuatan
   - kedalaman penetrasi
   - kemudahan penyalaan
   - level percikan
   - volume terak dan kemudahan dalam membersihkannya
   - emisi asap

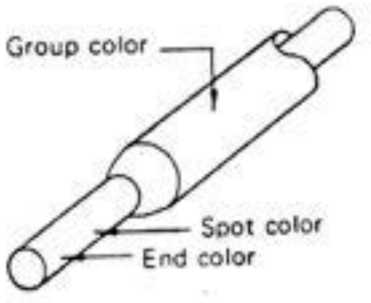
Tabel berikut dapat mambantu dalam menentukan dan menetapkan jenis elektroda yang akan digunakan dalam pengelasan :

Karakteristik/ Spesifikasi	Tipe Elektroda										
	E 6010	E 6011	E 6012	E 6013	E 7014	E 7016	E 7018	E 7020	E 7024	E 7027	E 7028
Bentuk Sambungan:											
Samb. Tumpul-flat	4	5	5	7	8	7	8	9	9	10	10
Samb. Tumpul-	8	8	7	10	8	7	8	0	0	0	0

segala posisi											
Fillet-flat, horizontal	2	3	8	7	8	5	8	8	10	9	9
Fillet-segala posisi	6	6	9	10	8	7	8	0	0	0	0
Bahan :											
Tipis (≤ 6mm)	4	5	9	9	9	2	2	0	7	0	0
Pelat tebal	6	6	5	7	8	10	10	8	7	8	9
Baja sulfur tinggi	0	0	5	3	3	10	10	0	5	0	9
Penggunaan :											
Tingkat pengisian	4	4	5	5	6	4	6	6	10	9	9
Kedalaman penetrasi	10	9	7	5	6	7	7	9	4	8	7
Kehalusan rigi las	6	6	8	9	9	7	9	6	10	10	10
Sedikit percikan	1	2	7	8	9	6	8	6	10	10	9
Kemudahan melepas terak	7	7	7	8	8	4	7	9	9	9	8
Kualitas :											
Tingkat suara	6	6	4	5	7	10	10	9	7	9	10
Kekenyalan	6	7	5	6	7	10	10	9	5	10	10
Alot pada temperatur rendah	8	8	4	5	8	10	10	9	6	9	9
Angka 0 = tidak direkomendasikan – 10 = paling sesuai											

Disamping hal-hal yang tersebut di atas, seorang teknisi las juga perlu memahami dan mengenali fisik elektroda secara baik, baik ukuran panjang, diameter serta warna tiap-tiap jenis elektroda, agar tidak terjadi kesalahan dalam penggunaannya.

Khusus untuk warna elektroda, menurut AWS dibedakan atas warna salutan (group color), warna kawat inti (spot color) dan warna ujung kawat inti (end color).



Gambar : Warna Elektroda

TABEL WARNA ELEKTRODA MILD STEEL DAN LOW ALLOY STEEL

GROUP COLOR – NO COLOR				
XX10, XX11, XX14, XX24, XX27, XX28, and all 60XX				
End Color / **Spot Color**	**No Color**	**Blue**	**Black**	**Orange**
No Color **White**	E 6010 E 6012	E 7010 - G E 7010 - A1		EST ECT
Brown	E 6013		E 7014	
Green	E 6020			
Blue	E 6011	E 7011 - G		
Yellow		E 7011 - A1	E 7024	
Black			E 7028	
GROUP COLOR - SILVER				
All XX13 and XX20 excepi E 6013 and E 6020				
Brown				
White				
Green		E 7020 - G		
Yellow		E 7020 – A1		

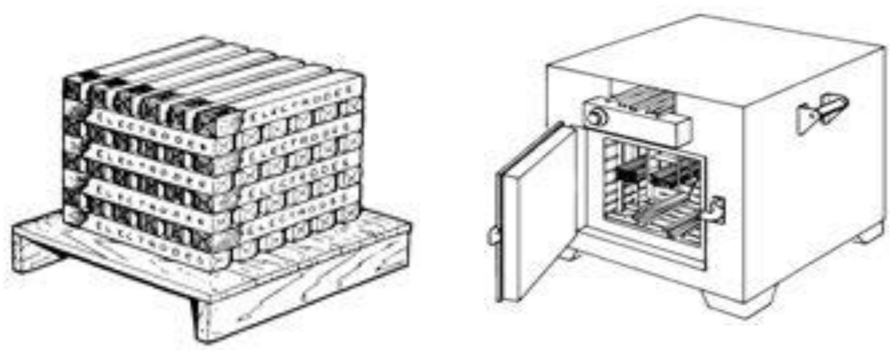
TABEL WARNA ELEKTRODA LOW HYDROGEN LOW ALLOY STEEL

GROUP COLOR - GREEN										
XX15, XX16, and XX18 except E6015 and E6016										
End color / Spot color	**No Color**	**Blue**	**Black**	**White**	**Gray**	**Brown**	**Violet**	**Green**	**Red**	**Orange**
Red	7015G	E7015			E8015G	E9015G		E10015G		E12015G
White		E7015-A1	E9015-B3L			E9015-D1				
Brown										
Green			E8015-B2L			E9015-B3				
Bronze			E8015-B4L			E8015-B4				
Orange	E7016G	E7016	E7018	E8016-C3		E9016G		E10016G		E12016G
Yellow		E7016-A1	E7018-A1	E8016G		E9016-D1		E10015-D2	E11016G	
Black			E8018-C3	E8016-B1	E8018-B		E9018-B3			
Blue	E7018G		E8018G	E8016-C1	E8018-C	E9016-B3	E9018G	E10018G	E11018G	E12018G
Violet				E8016-C2	E8018-C	E8016-B4	E9018-D1	E10018-D2		
Gray			E8018-B4	E8016-B2	E8018-B			E10016-D2		
Silver			Mil 12018							

c. Penyimpanan Elektroda

Agar elektroda bertahan lama sebelum digunakan, maka elektroda perlu disimpan secara baik dan benar. Oleh sebab itu perlu diperhatikan hal-hal berikut dalam menyimpan elektroda :

1. Simpan elektroda pada tempat yang kering dengan kemasan yang masih tertutup rapi (kemasan tidak rusak).
2. Jangan disimpan langsung pada lantai. Beri alas sehingga ada jarak dari lantai
3. Yakinkan, bahwa udara dapat bersikulasi di bawah tempat penyimpanan (rak).
4. Hindarkan dari benda-benda lain yang memungkinkan terjadinya kelembaban.
5. Temperatur ruangan penyimpanan sebaiknya sekitar 15^{0}C di atas temperatur rata-rata udara luar.
6. Bila elektroda tidak dapat disimpan pada tempat yang memenuhi syarat, maka sebaiknya beri bahan pengikat kelembaban, seperti silica gel pada tempat penyimpanan tersebut.



Gambar : Oven Penyimpanan Elektroda

Rekondisi Elektroda

Kondisi yang kurang baik dari elektroda akan berdampak terhadap proses dan hasil las, misalnya kadar air pada elektroda terlalu tinggi (lembab). Hal ini akan menyebabkan keropos (porosity) dan/ atau keretakan pada hasil las, disamping menimbulkan masalah-masalah pada saat pengelasan, antara lain :

- busur las tidak stabil
- banyak percikan dan asap las
- terak sulit dibersihkan



Untuk menghindari timbulnya hal-hal tersebut di atas, maka elektroda perlu selalu dijaga kondisinya sesuai dengan ketentuan masing-masing jenis elektroda.

Jika elektroda terlalu lembab, dapat dilakukan rekondisi dan dikering ulang dengan menggunakan alat pengering (oven) yang dapat diatur temperaturnya; dengan catatan, untuk jenis elektroda tertentu membutuhkan sedikit kelembaban agar salutannya tidak rusak.

Berikut ini adalah ketentuan umum dalam merekondisi elektroda (biasanya rekondisi elektroda direkomendasikan oleh fabrik pembuatnya) :

1. Elektroda Rutile :

Elektroda rutile membutuhkan sedikit kelembaban untuk menghasilkan pengelasan yang baik. Ini dilakukan pada saat proses produksi.

Pengeringan ulang untuk elektroda jenis rutile dilakukan pada temperature antara 70^{0}C sampai dengan 170^{0}C selama $\pm$ 30 menit.

2. Elektroda Cellulose :

Elektroda ini membutuhkan sedikit lebih banyak kelembaban untuk menghasilan pengelasan yang baik. Jika terlalu kering akan mempengaruhi busur las dan karakteristik pemakaian.

Oleh karena itu, maka elektroda jenis cellulose tidak disarankan untuk dikeringkan dengan oven, tapi cukup pada udara terbuka.

3. Elektroda Low Hydrogen :

Elektroda low hydrogen harus digunakan dalam keadaan kering, sehingga jika lembab maka harus dikering ulang pada temperature antara 300^{0}C s.d. 350^{0}C selama satu jam dan tidak boleh melebihi temperature maksimal, di mana hal ini akan mengakibatkan berubahnya sifat kimia dan akan bersifat tetap.

4. Elektroda Serbuk Besi :

Elektroda serbuk besi harus digunakan dalam keadaan yang temperat kering, sehingga jika lembab maka harus dikering ulang pada temperature sekitar 150^{0}C selama satu jam.

2.2.3. Rangkuman

1. Bagian-bagian elektroda, yaitu inti dan salutan elektroda, mempunyai fungsi masing-masing.
2. Ukuran diameter elektroda secara umum berkisar antara 1,5 sampai dengan 7 mm, panjang antara 250 – 450 mm, serta tebal salutan antara 10% - 50% dari diameter elektroda.
3. Tipe salutan elektroda ada empat, yaitu rutile, cellulose, serbuk besi, dan low hydrogen.
4. Penetapan penggunaan elektroda pada suatu pengelasan didasarkan pada jenis pekerjaan, tipe mesin las, dan karakteristik pengelasan.
5. Elektroda perlu disimpan secara baik dan benar, agar dapat bertahan lama.
6. Elektroda yang terlalu lembab, dapat dilakukan rekondisi dan dikering ulang dengan menggunakan alat pengering (oven) yang dapat diatur temperaturnya.

2.2.4. Tugas

Ambil masing-masing dua buah elektroda untuk jenis elektroda E 6010, E 6013, dan E 7016! Satu dari masing-masing jenis elektroda dimasukkan ke dalam oven pengering elektroda. Sedangkan satu elektroda lagi, ditaruh di atas meja. Atur temperature oven pengering sebesar 50 ^{o}C. Biarkan elektroda-elektroda tadi selama satu hari. Setelah satu hari, gunakan semua elektroda tadi (baik yang di dalam oven pengering maupun yang di atas meja) untuk mengelas rigi-rigi. Rasakan perbedaan pada saat mengelas menggunakan elektroda yang dioven dengan elektroda yang tidak dioven! Perhatikan, amati, dan tuliskan perbedaan hasil lasan rigi-rigi antara elektroda yang dioven dengan elektroda yang tidak dioven!



2.2.5. Tes Formatif

1. Sebutkan fungsi inti elektroda dan salutan elektroda!
2. Apa yang terjadi apabila seseorang mengelas dengan menggunakan elektroda yang lembab?
3. Kode elektroda E 8018-B2, jelaskan yang dimaksud dengan B2!
4. Jelaskan tipe elektroda salutan cellulose!
5. Jelaskan ketentuan umum dalam merekondisi elektroda low hydrogen!

2.2.6. Lembar Jawaban

1. . ...
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
2. . ...
3. . ...

4. . ...
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
5. . ...
   ....
   ....
   ....

2.2.7. Lembar Kerja Peserta Didik

No.	Hal Yang Diamati	Jenis Elektroda (Dioven)			Jenis Elektroda (Tidak Dioven)		
		E 6010	E 6013	E 7016	E6010	E 6013	E 7016
1.	Nyala busur						
2.	Percikan						
3.	Cacat las						

Metoda Pencegahan Distorsi

1. **Deskripsi pembelajaran**

2. **Kegiatan Belajar**

2.1. Kegiatan Belajar 15 : Pengertian, Penyebab dan Jenis-jenis Distorsi

2.1.1. *Tujuan Pembelajaran*

Setelah pelatihan ini peserta dapat :

- Menjelaskan pengertian distorsi secara umum, pemuaian, pemanasan dan pendinginan.
- Mengidentifikasi beberapa penyebab distorsi.
- Mengidentifikasi jenis-jenis distorsi

2.1.2. *Uraian Materi*

Pengertian Distorsi

Semua logam akan mengembang / memuai apabila mendapat panas dan menyusut bila mengalami pendinginan, kejadian tersebut merupakan sifat dari logam itu sendiri. Seorang operator las harus memiliki kemampuan bagaimana suatu proses pengelasan dapat menghasilkan bentuk sambungan sesuai rencana yang dikehendaki dengan melakukan pengendalian terhadap pemuaian dan penyusutan yang berlebihan.

Distorsi ialah perubahan bentuk atau penyimpangan bentuk yang diakibatkan oleh panas, yang diantaranya adalah akibat proses pengelasan. Pemuaian dan penyusutan benda kerja akan berakibat melengkungnya atau tertariknya bagian-bagian benda kerja sekitar pengelasan, misalnya pada saat proses las busur manual.

Untuk memahami tentang distorsi, maka perlu dipahami hal-hal sebagai berikut:

1. **Koefisien Muai Panjang**

   Koefisien muai panjang adalah : jumlah pertambahan panjang dari suatu logam akibat perubahan temperatur setiap 1°C.

Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan panjang adalah :

- Jenis logam yang dipanaskan
- Jumlah perubahan temperatur
- Perubahan panjang akan ke segala arah.

Koofisien muai panjang akan berbeda-beda dari setiap jenis logam karena perbedaan sifat masing-masing logam tersebut.

Koofisien muai panjang dari beberapa logam adalah sbb :

Logam	Koofisien muai panjang
Baja	0,000012
Alumunium	0,0000255
Tembaga	0,0000167

Sebagai contoh baja akan bertambah panjang 0,000012 mm setiap perubahan temperatur 1°C.

Contoh Perhitungan Koefisien Muai Panjang.

Sebatang baja panjang 300 mm dipanaskan sampai 1000°C, terjadi pertambahan panjang 3,6 mm ini didapat berdasarkan perhitungan sbb.

Rumus :

Pertambahan Panjang = Panjang awal x Koofisien muai panjang x

perubahan temperatur.

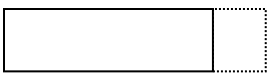
= 300 X 0,000012 X 1000

= 3,6 mm

Perbandingan Koefisien muai panjang dari berbagai jenis logam

Walaupun dipanaskan pada temperatur yang sama, maka pertambahan panjang dari masing-masing logam tersebut tidak akan sama dan tergantung dari jenis logam tersebut (perhatikan contoh-contoh berikut).

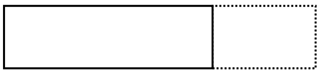
Besi tuang



Baja karbon



Steinles steel

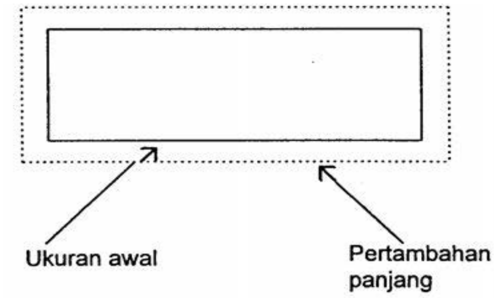


2. **Pemanasan dan Pendinginan**

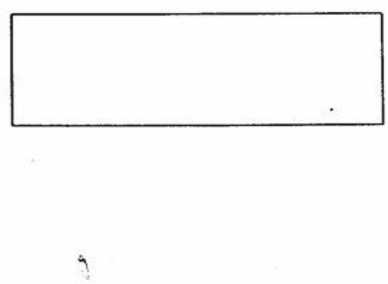
   a. **Pemanasan dan Pendinginan benda bebas (Tidak tertahan**)

   Apabila benda logam dipanaskan secara merata dan dalam keadaan bebas atau tidak tertahan maka akan menyusut kembali ke posisi semula kalau didinginkan. Sebagai contoh perubahannya dapat diperhatikan diagram berikut :

Memuai secara merata



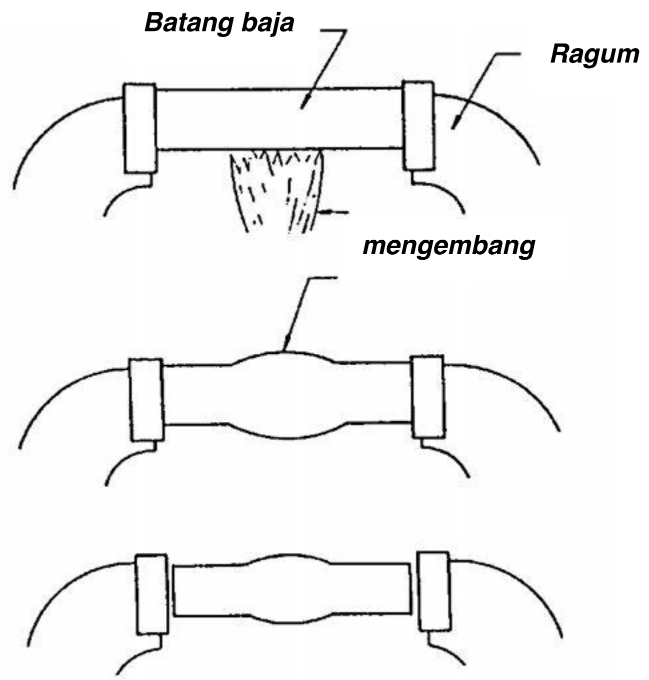
Menyusut secara merata



   b. **Pemanasan dan pendinginan benda tertahan**.

   Apabila benda ditahan atau dijepit pada ragum dan dipanaskan, maka benda tidak akan dapat memuai atau bertambah panjang (mengembang) secara teratur ke seluruh arah, sehingga pertambahan ke arah ragum akan tertahan, dimana dengan pertambahan temperatur akan menambah kekenyalan, bahan menjadi lunak dan mudah dibentuk.

   Apabila kondisi tersebut tetap tertahan sampai benda dingin kembali, maka logam berubah bentuk dan bertambah panjang / mengembang ke arah yang tidak ada tahanan dan perubahan bentuk ini bersifat permanen.



b. Penyebab dan Jenis-jenis Distorsi

1. Penyebab terjadinya distorsi

Tiga penyebab utama terjadinya distorsi (perubahan bentuk) pada konstruksi logam dan industri bidang konstruksi (pengelasan) adalah :

- Tegangan sisa
- Pengelasan
- Pemotongan dengan panas/api

a. Tegangan Sisa

Seluruh bahan logam yang digunakan dalam industri misalnya batangan, lembaran atau bentuk profil lainnya diproduksi atau dibentuk dengan proses-proses ini meninggalkan atau menahan tegangan di dalam bahan yang disebut **tegangan sisa.**

Tidak selalu tegangan sisa ini menimbulkan permasalahan tapi apabila bahan menerima panas akibat pengelasan atau pemotongan dengan panas (api), tegangan sisa akan hilang secara tidak merata, maka akan terjadi perubahan bentuk (distorsi). Sebagai contoh profil I berikut yang dipotong dengan api.

b. Pengelasan/ Pemotongan dengan Panas.

Sewaktu mengelas atau memotong dengan menggunakan api (panas), sumber panas dihasilkan dari nyala busur atau nyala api ini akan mengakibatkan pertambahan panjang dan penyusutan secara tidak merata. Akibatnya terjadi perubahan bentuk (distorsi).

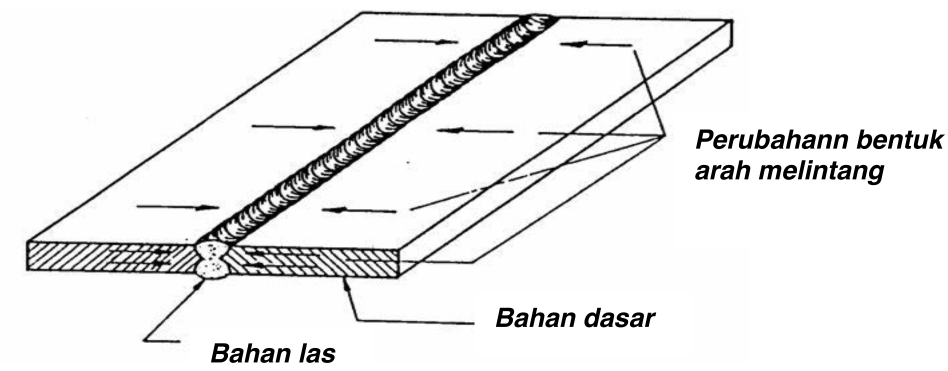
2. Jenis-jenis Distorsi

Ada tiga jenis utama perubahan bentuk akibat pengelasan **:**

- Perubahan bentuk arah melintang
- Perubahan bentuk arah memanjang
- Perubahan bentuk menyudut

a. Perubahan Bentuk arah Melintang

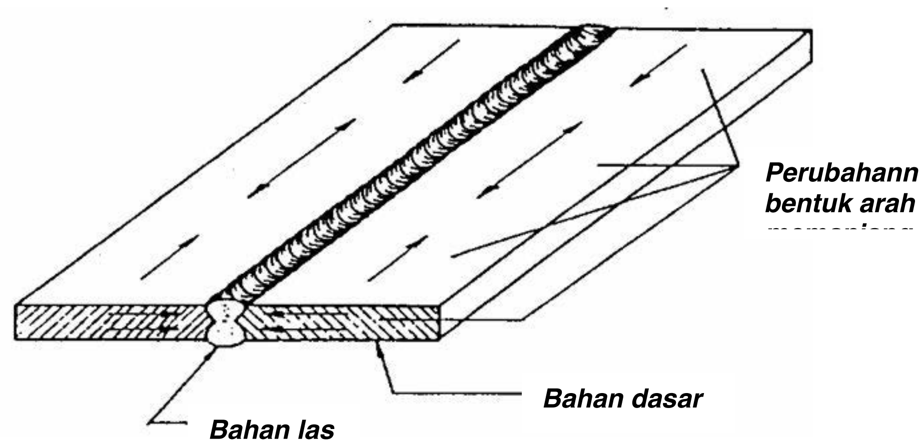
Apabila mulai mengelas pada salah satu ujung, maka sisi dari ujung lain akan bertambah panjang akibat pemuaian. Pada saat pendinginan, maka sisi-sisi logam akan saling menarik dan berkontraksi satu sama lain. Pergerakan ini disebut **perubahan bentuk arah melintang.**



b. Perubahan Bentuk arah Memanjang

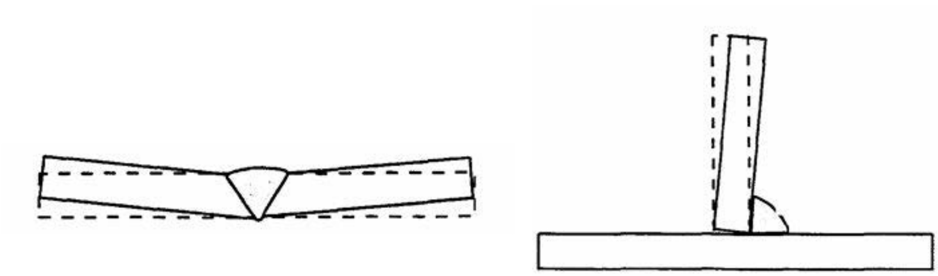
Perubahan bentuk arah memanjang adalah apabila hasil pengelasan berkontraksi dan memendek pada sepanjang garis pengelasan setelah dingin.

Perubahan bentuk ini akan sangat tergantung pada keterampilan pekerjaan pengelasan.



c. Perubahan Bentuk Menyudut

Perubahan bentuk menyudut adalah apabila sudut dari benda yang dilas berubah akibat kontraksi. Kontraksi lebih besar pada permukaan pengelasan karena jumlah hasil pengelasan lebih banyak.





2.1.3. *Rangkuman*

1. Distorsi ialah perubahan bentuk atau penyimpangan bentuk yang diakibatkan oleh panas, yang diantaranya adalah akibat proses pengelasan.
2. Koefisien muai panjang adalah jumlah pertambahan panjang dari suatu logam akibat perubahan temperatur setiap 1°C.
3. Tiga penyebab utama terjadinya distorsi (perubahan bentuk) pada konstruksi logam dan industri bidang konstruksi (pengelasan) adalah:
    - Tegangan sisa
    - Pengelasan
    - Pemotongan dengan panas/api
4. Tiga jenis utama perubahan bentuk akibat pengelasan:
    - Perubahan bentuk arah melintang
    - Perubahan bentuk arah memanjang
    - Perubahan bentuk menyudut

2.1.4. *d. Tugas*

Siapkan empat buah pelat ukuran 200 x 300 x 10 mm. Buat kampuh miring sebesar 30^{o} pada salah satu sisi yang berukuran 300 mm. Pertemukan dua buah pelat yang bersisi miring sehingga membentuk kampuh V. Ikat dengan *tack weld* pada bagian belakang pelat. Perlakukan dengan sama pada dua buah pelat yang lain. Setelah dua buah pasang pelat selesai di*tack weld*, maka salah satu pasang pelat ditekuk ke bawah sebesar ± 3^{o}. Penekukan dapat dilakukan dengan cara melakukan pemukulan dengan menggunakan palu, atau sepasang pelat tersebut dipukulkan pada landasan paron. Selanjutnya, lakukan pengelasan pada kedua kampuh V tersebut! Amati dan tuliskan perbedaan bentuk pelat setelah pengelasan antara pengelasan kampuh V yang pelatnya ditekuk sebesar ± 3^{o} dengan kampuh V yang pelatnya tanpa ditekuk!

2.1.5. *Tes Formatif*

1. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan panjang!
2. Mengapa koefisien muai panjang dari setiap jenis logam berbeda-beda?
3. Apa yang dimaksud dengan tegangan sisa?
4. Mengapa pengelasan atau pemotongan dengan panas dapat menyebabkan terjadinya distorsi?
5. Jelaskan tentang perubahan bentuk arah memanjang!

2.1.6. *Lembar Jawaban Tes Formatif*

1. . ...
2. . ...
3. . ...
   ....
   ....
4. . ...
   ....
   ....
   ....
5. . ...
   ....
   ....
   ....

2.1.7. *Lembar Kerja Peserta Didik*

No.	Bentuk Kampuh	Bentuk Pelat Setelah Pengelasan
1.	Kampuh V dengan tekukan ± 3^o	
2.	Kampuh V tanpa tekukan	

2.2. Kegiatan Belajar 16 : Metoda Pencegahan Distorsi

2.2.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah pelatihan ini peserta dapat:

- Menjelaskan metode pencegahan distorsi.
- Melakukan pencegahan distorsi.

2.2.2. Uraian Materi

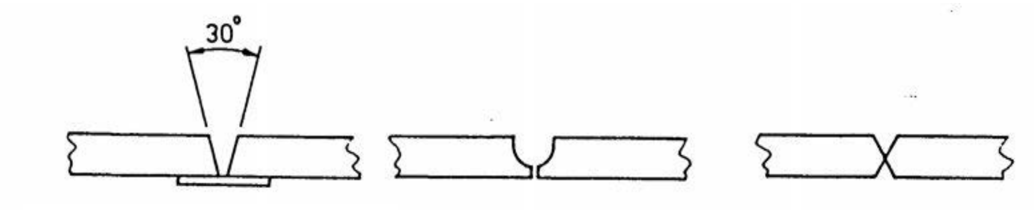
Ada beberapa langkah untuk mengontrol pengaruh perubahan bentuk (distorsi) sewaktu proses pengelasan yang meliputi:

- Sebelum pengelasan
- Sewaktu pengelasan
- Sesudah pengelasan

1. Tehnik Mengontrol Distorsi Sebelum Pengelasan.

a. Perencanaan yang baik

Perencanaan kampuh yang baik adalah panjang jarak minimum yang tepat dari kampuh untuk menghindari terlalu banyaknya pengelasan.

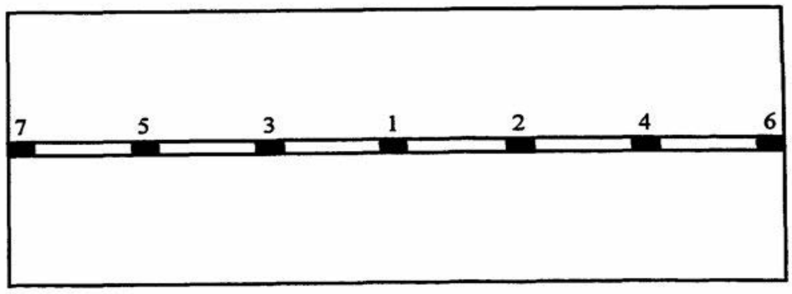


Memperkecil bevel & gap yang lebih besar ***Kampuh bentuk U*** ***Kampuh bentuk X***

b. Pengelasan Catat

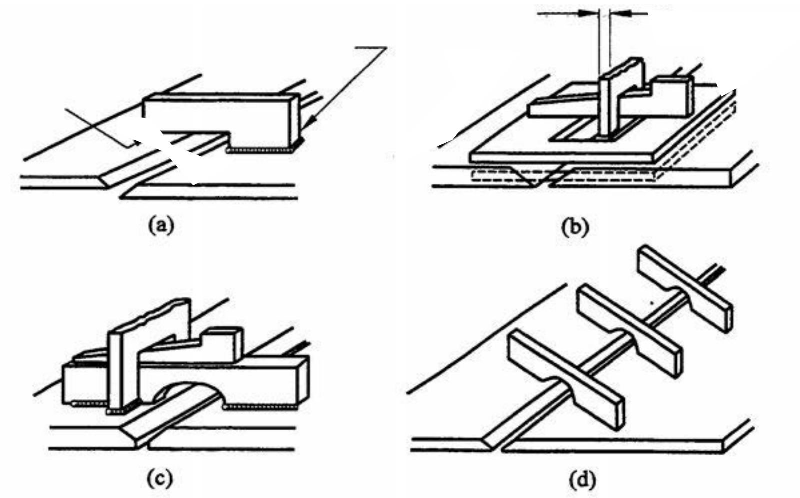
Las catat adalah pengelasan dengan jumlah sedikit merupakan titik-titik saja yang akan berfungsi seperti klem. Jumlah dan ukuran dari titik-titik pengelasan yang diperlukan untuk mempertahankan kelurusan adalah sangat tergantung pada jenis dan tebal bahan. Tehnik pengelasan catat yang benar akan mempertahankan bahan sewaktu pengelasan.

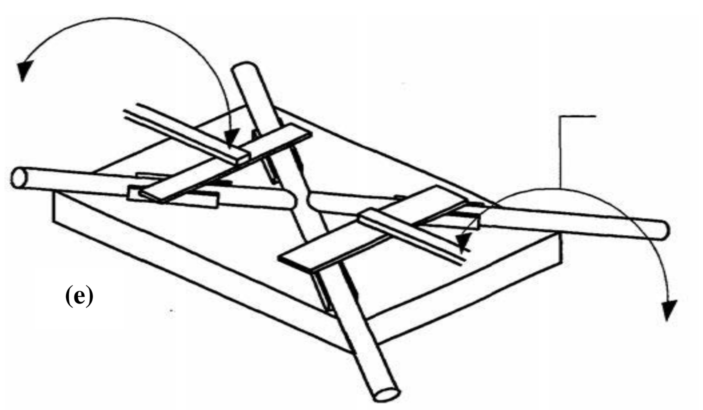
Langkah pengelasan catat dapat perhatikan pada gambar berikut, yakni berselang-seling.



c. Alat Bantu (Jig dan Fixture)

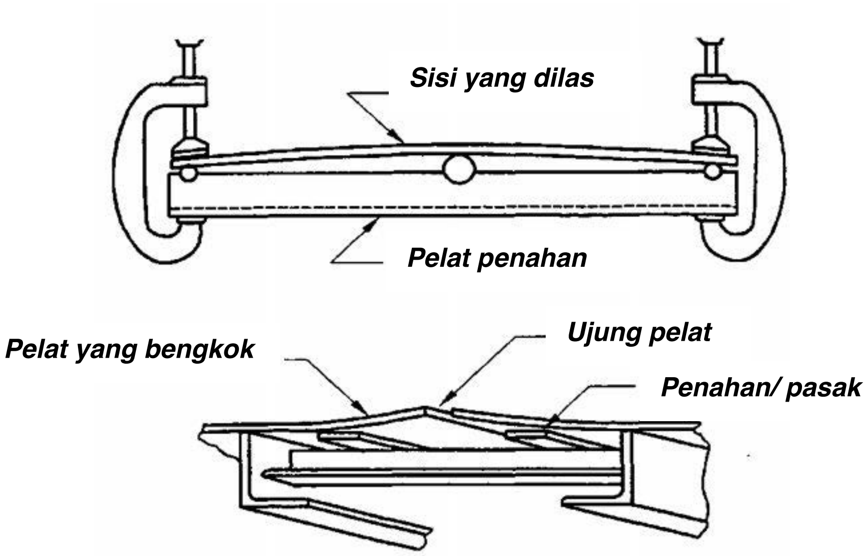
Alat bantu ini digunakan untuk mempertahankan kelurusan bahan sebelum dan selama pengelasan. Bentuk alat bantu ini sangat tergantung pada bentuk bahan yang dilas. Berikut ini adalah beberapa gambar alat bantu untuk pengelasan:





d. Pengaturan Letak Bahan (Pre-setting)

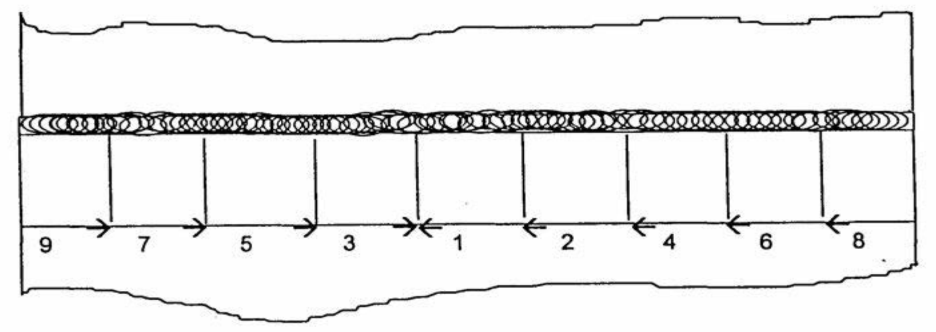
Pengaturan letak bahan yang akan dilas dapat dilakukan dengan cara mengganjal (menahan) untuk mengatasi konstraksi pada waktu pengelasan. Walaupun demikian cara meletakkan ganjal (penahan) sangat tergantung pada pengalaman dan pengetahuan operator untuk menempatkannya secara tepat.



2. Tehnik Menghindari Distorsi Sewaktu Pengelasan

a. Pengelasan selang seling.

Apabila pengelasan secara terus menerus dari salah satu ujung ke ujung yang lain maka konstraksi akan terus bertambah selama proses pengelasan dan inilah salah satu penyebab perubahan bentuk. Ini dapat diatasi dengan tehnik pengelasan secara selang-seling dengan arah pengelasan yang berlawanan.

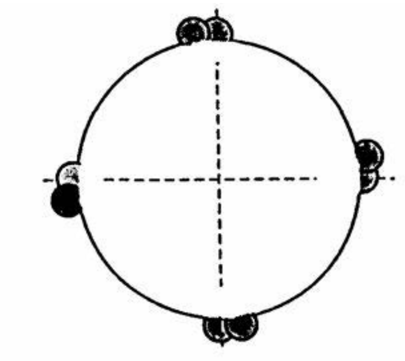


b. Pengelasan Seimbang

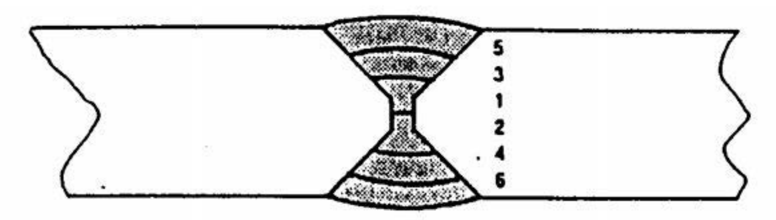
Pengelasan seimbang ini adalah suatu proses pengelasan untuk menyeimbangkan panas ke bidang pengelasan. Metode ini sering digunakan untuk memperbaiki kebulatan atau kelurusan poros dan setiap jalur pengelasan dilakukan berseberangan.

Ini bertujuan untuk mempertahankan keseimbangan kontraksi dan mengurangi perubahan bentuk.

Urutan pengelasan perhatikan gambar berikut:

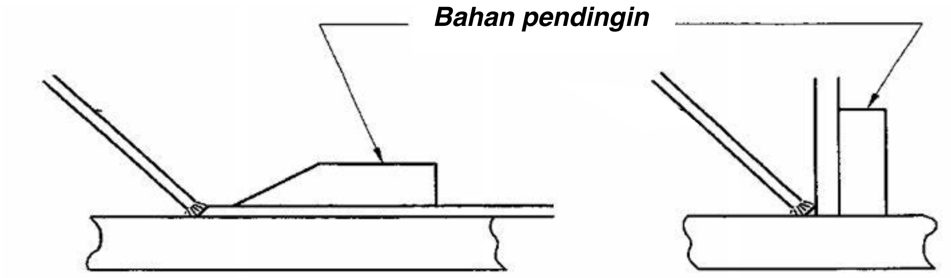


Prinsip yang sama juga dapat digunakan pada pengelasan kampuh V atau U ganda. Pengelasan dilakukan dengan sisi atau permukaan yang berlawanan. Konstraksi akan terjadi sama pada kedua belah permukaan. Untuk langkah pengelasan dapat diperhatikan gambar berikut.



c. Pendingin Buatan

Logam pendingin ditempelkan pada logam yang dilas supaya panas pengelasan dipindahkan ke logam pendingin, logam pendingin biasanya dari tembaga atau perunggu. Selama pengelasan logam pendingin akan menyerap panas dari benda kerja. Metode ini cocok untuk pengelasan pelat tipis karena akan mengalami perubahan bentuk yang besar atau akan mudah cair jika tidak didinginkan dengan bahan / logam pendingin.



3. Tehnik Mengatasi Perubahan Bentuk Setelah Pengelasan

Untuk memperbaiki perubahan bentuk akibat pengelasan setelah dilakukan sangat sulit sekali dan kadang -kadang tidak mungkin.

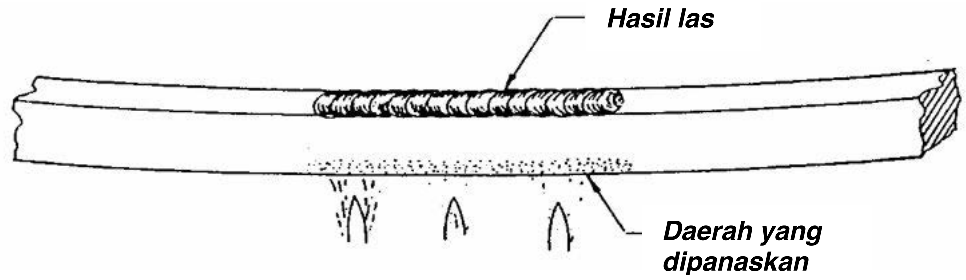
Adalah hal yang sangat penting melakukan langkah menghindari perubahan bentuk sebelum dan selama pengelasan.

Sungguhpun demikian untuk memperbaiki perubahan bentuk akibat pengelasan dapat dilakukan dengan 2 cara berikut:

- Meluruskan dengan api
- Pemukulan logam waktu panas

a. Meluruskan dengan Api

Gambar berikut ini menunjukan batang baja mengalami kebengkokan akibat pengelasan pada salah satu permukaannya. Konstruksi dari hasil pengelasan membengkokkan baja ke arah pengelasan. Kalau sisi yang berlawanan dari yang dilas dipanaskan dan didinginkan maka sisi tersebut akan menyusut, sehingga benda akan lurus kembali.



b. Pemukulan Logam Waktu Panas

Metode ini digunakan untuk menarik atau meregang hasil pengelasan dan bagian logam yang berdekatan dengan tempat pengelasan dengan cara memukul-mukulnya selagi masih panas. Peregangan ini akan mempengaruhi hasil pengelasan menjadi mengerut namun membantu menghilangkan konstraksi. Perlu diperhatikan bahwa perlakuan yang **berlebihan** akan mengakibatkan bahan menjadi **keras** atau **retak**.

2.2.3. Rangkuman:

1. Langkah untuk mengontrol distorsi meliputi:
   - Sebelum pengelasan
   - Sewaktu pengelasan
   - Sesudah pengelasan
2. Teknik mengontrol distorsi sebelum pengelasan meliputi:
   - Perencanaan yang baik
   - Pengelasan catat
   - Alat bantu (Jig & Fixture)
   - Pengaturan letak bahan (Pre-setting)
3. Teknik menghindari distorsi sewaktu pengelasan meliputi:
   - Pengelasan selang-seling
   - Pengelasan seimbang
   - Pendingin buatan

4. Teknik mengatasi distorsi setelah pengelasan meliputi:
   - Meluruskan dengan api
   - Pemukulan logam waktu panas

2.2.4. Tugas

Siapkan dua buah besi bulat pejal berdiameter 3 inch dengan panjang 200 mm. Satu buah besi bulat pejal dilas dengan metode pengelasan seimbang, sedangkan satu buah lagi dilas dengan metode berurutan. Amati dan tuliskan perbedaan bentuk pelat setelah pengelasan pada kedua metode tersebut!

2.2.5. Tes Formatif

1. Mengapa dengan perencanaan yang baik dapat mencegah terjadinya distorsi?
2. Apa yang dimaksud dengan las catat?
3. Jelaskan metode pencegahan distorsi dengan cara pendingin buatan!
4. Mengapa sangat penting melakukan langkah untuk menghindari distorsi adalah pada saat sebelum dan selama pengelasan?
5. Mengapa pada saat mengatasi distorsi, perlakuan yang diberikan tidak boleh berlebihan?

2.2.6. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. . ...
2. . ...
3. . ...
   ....
   ....
4. . ...
   ....
   ....
   ....

5. . ...
....
....
....

2.2.7. Lembar Kerja Peserta Didik

No.	Metode Pengelasan	Bentuk Pelat Setelah Pengelasan
1.	Pengelasan seimbang	
2.	Pengelasan berurutan	

Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pengelasan SMAW

1. **Deskripsi pembelajaran**
2. **Kegiatan Belajar**

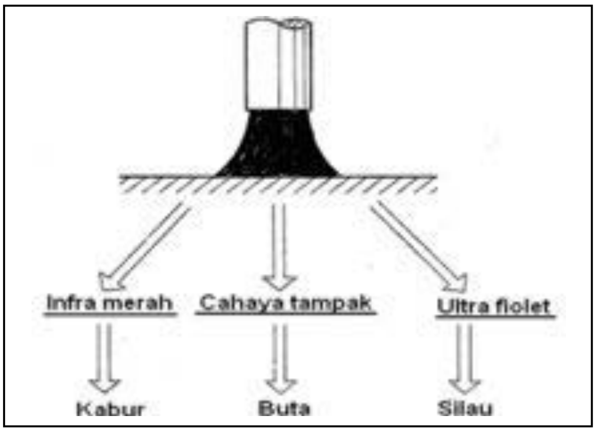
2.1. Kegiatan Belajar 17 : Bahaya Busur Las dan Pencegahannya

2.1.1. *Tujuan Pembelajaran*

Setelah pelatihan ini peserta dapat:

- ⇨ Menjelaskan pencegahan kecelakaan terhadap bahaya cahaya busur las.
- ⇨ Melakukan pencegahan kecelakaan terhadap bahaya cahaya busur las.

2.1.2. *Uraian Materi*



Dari busur las terpancar cahaya yang tampak dan cahaya tak tampak, yang membahayakan juru las.

Dari panjang gelombangnya, cahaya dibedakan sebagai berikut:

Cahaya infra merah (cahaya panas):

Sinar infra merah berasal dari busur listrik. Adanya sinar infra merah tersebut tidak segera terasa oleh mata, karena itu sinar ini lebih berbahaya, sebab tidak diketahui dan tidak terlihat.

Akibat dari sinar infra merah terhadap mata sama dengan pengaruh panas, yaitu akan terjadi pembengkakan pada kelopak mata, terjadinya penyakit kornea dan kerabunan.

Jadi jelas akibat sinar infra merah jauh lebih berbahaya dari pada cahaya tampak. Sinar infra merah selain berbahaya pada mata juga dapat menyebabkan terbakar pada kulit berulang-ulang (mula-mula merah kemudian memar dan selanjutnya terkelupas yang sangat ringan).

Cahaya tak nampak membakar jaringan kulit mata dan mengakibatkan kekaburan (rabun) mata yang berkepanjangan.

Cahaya tampak:

Benda kerja dan bahan tambah yang mencair pada las busur listrik manual mengeluarkan cahaya tampak. Semua cahaya tampak yang masuk ke mata akan diteruskan oleh lensa dan kornea mata ke retina mata. Bila cahaya ini terlalu kuat maka mata akan segera menjadi lelah dan kalau terlalu lama mungkin menjadi sakit. Rasa lelah dan sakit pada mata sifatnya hanya sementara. Cahaya nampak yang terang dapat mengganggu mekanisasi pupil mata sehingga membutakan mata atau mengurangi daya lihat mata.

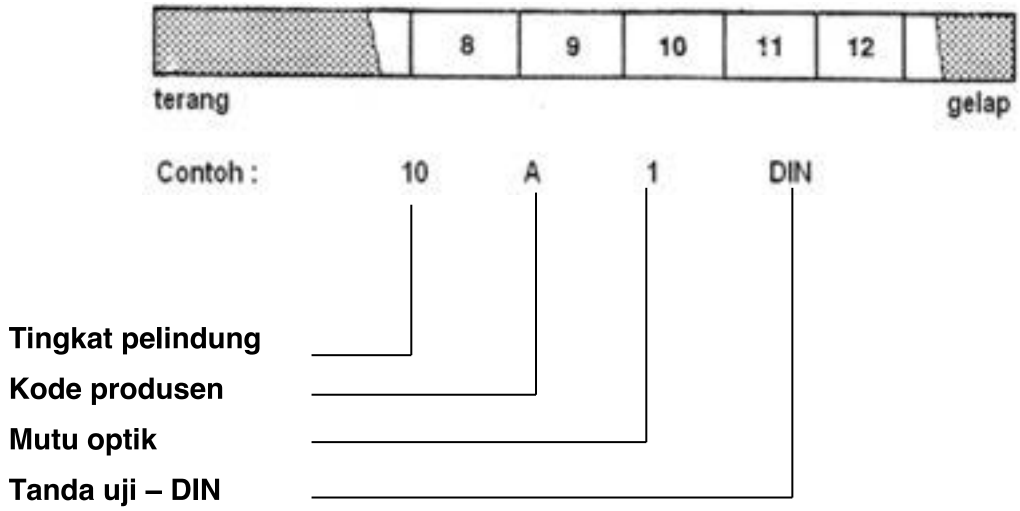
Cahaya ultra violet :

Sinar ultra violet sebenarnya adalah pancaran yang mudah terserap, tetapi sinar ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap reaksi kimia yang terjadi didalam tubuh.

Bila sinar ultra violet yang terserap oleh lensa melebihi jumlah tertentu, maka pada mata terasa seakan-akan ada benda asing didalamnya dalam waktu antara 6 sampai 12 jam, kemudian mata akan menjadi sakit selama 6 sampai 24 jam. Pada umumnya rasa sakit ini akan hilang setelah 48 jam.

Bersifat bagaikan kilatan petir, dapat mengakibatkan pembengkakan pada selaput mata dan kelopak mata, mata merah dan pedih. Disamping itu dapat membakar kulit yang tak terlindungi, mirip seperti kena sinar matahari.

Terhadap bahaya tersebut, yang paling utama harus kita lindungi adalah mata, yaitu dengan kaca filter yang sesuai atau menurut normalisasi yang ditentukan seperti contoh dibawah :



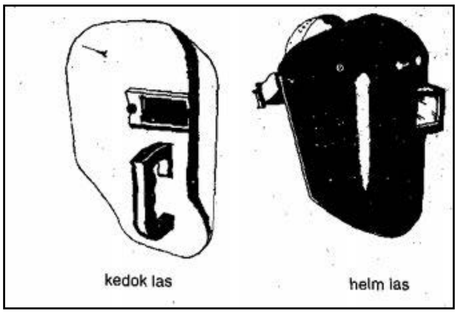
Syarat – syarat kaca filter / pelindung:

- Harus mempunyai daya penerus yang tepat terhadap cahaya tampak.
- Harus mampu menahan cahaya dan sinar yang berbahaya.
- Harus mempunyai sifat – sifat yang tidak melelahkan mata.
- Harus tahan lama dan mempunyai sifat tidak mudah berubah.
- Harus memberikan rasa aman terhdap pemakai.

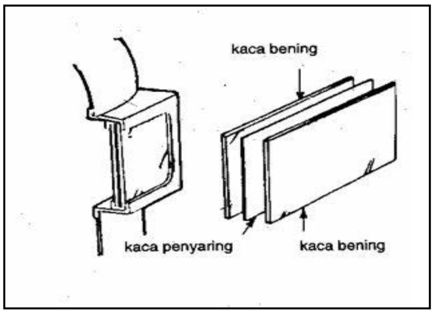
Pencegahan Kecelakaan karena Sinar Las :

- Memakai pelindung mata dan muka ketika mengelas, yaitu kedok atau helm las.
- Memakai peralatan keselamatan dan kesehatan kerja (pakaian pelindung) pakaian kerja , apron / jaket las, sarung tangan, sepatu keselamatan kerja.
- Buatlah batas atau pelindung daerah pengelasan agar orang lain tidak terganggu (menggunakan kamar las yang tertutup, menggunakan tabir penghalang).

Kedok las dan helm las dilengkapi dengan kaca penyaring (filter) untuk menghilangkan dan menyaring sinar infra merah dan ultra violet. Filter dilapisi oleh kaca bening atau kaca plastik yang ditempatkan disebelah luar dan dalam, fungsinya untuk melindungi filter dari percikan-percikan las.



Kedok dan Helm Las



Kaca Penyaring

Adapun ukuran (tingkat kegelapan) kaca penyaring tersebut berbanding lurus dengan besarnya amper pengelasan.

Berikut ini ketentuan umum perbandingan antara ukuran penyaring dan besar amper pengelasan pada proses las busur manual:

AMPER	UKURAN PENYARING
Sampai dengan 150 Amper	10
150 – 250 Amper	11
250 – 300 Amper	12
300 – 400 Amper	13
Lebih dari 400 Amper	14

2.1.3. *Rangkuman*

1. Dari busur las terpancar cahaya yang tampak dan cahaya tak tampak.
2. Perlindungan terhadap cahaya busur las adalah dengan menggunakan pelindung mata dan muka ketika mengelas, yaitu topeng atau helm las, selain itu juga menggunakan alat pelindung diri seperti pakaian kerja, *apron* atau jaket las, sarung tangan, dan sepatu keselamatan kerja.



2.1.4. *Tugas*

Berkunjunglah ke suatu bengkel las yang mempunyai las SMAW. Perhatikan dan amatilah tukang las yang sedang bekerja dengan menggunakan las SMAW! Bagaimana menurut pendapatmu pada saat tukang las tersebut mengelas dilihat dari sisi pencegahan terhadap bahaya busur las?

2.1.5. *Tes Formatif*

1. Jelaskan macam-macam cahaya dan dampak yang dihasilkan oleh busur las!
2. Mengapa cahaya tak tampak jauh lebih berbahaya daripada cahaya tampak?
3. Jelaskan penunjukkan masing-masing angka dan huruf pada normalisasi kaca *filter* 12 A 1 DIN!
4. Jelaskan syarat-syarat yang harus dipunyai oleh kaca pelindung (filter)!
5. Mengapa kaca penyaring (filter) harus dilapisi oleh kaca bening yang ditempatkan di sebelah luar dan dalam?

2.1.6. *Lembar Jawaban Tes Formatif*

1. . ...
2. . ...
3. . ...
4. . ...
   ....
   ....
   ....
   ....
5. . ...

2.1.7. *Lembar Kerja Peserta Didik*

No.	Aspek K3	Uraian
1.	Penggunaan topeng atau helm las	
2.	Penggunaan pakaian kerja	
3.	Penggunaan apron atau jaket las	
4.	Penggunaan sarung tangan las	
5.	Penggunaan *safety shoes*	

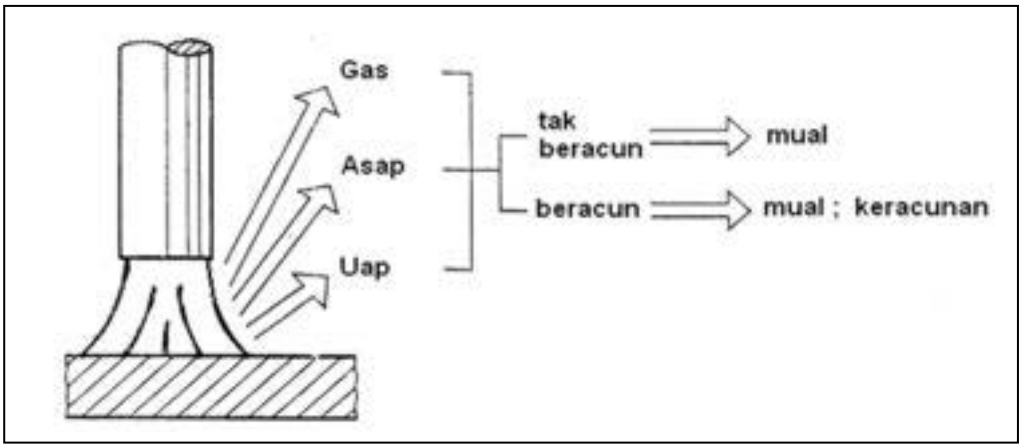
2.2. Kegiatan Belajar 18 : Bahaya Busur Las, Asap / Gas dan Pencegahannya

2.2.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah pembelajaran ini siswa dapat:

- ⇨ Menjelaskan pencegahan kecelakaan terhadap bahaya pencemaran udara (debu dan asap las).
- ⇨ Melakukan pencegahan kecelakaan terhadap bahaya pencemaran udara (debu dan asap las).

2.2.2. Uraian Materi



Perlindungan terhadap pencemaran udara adalah dengan cara membuat sirkulasi udara segar yang cukup pada tempat kerja.

Dianjurkan pula untuk memakai masker pelindung pernafasan yang memenuhi syarat antara lain :

- Mempunyai daya saring yang tinggi.
- Sesuai dengan bentuk muka.
- Tidak mengganggu pernafasan.
- Tidak mengganggu pekerjaan.
- Kuat, ringan dan mudah dirawat.

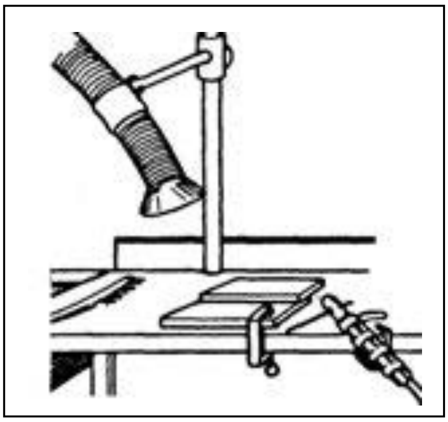
Sifat fisik dan akibat debu dan asap terhadap paru-paru

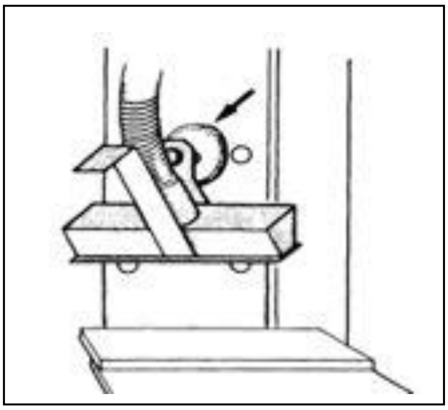
Debu dan asap las besarnya berkisar antara 0,2 um sampai dengan 3 um, jenis debu ialah eternit dan hidrogen rendah. Butir debu atau asap dengan ukuran 0,5 um dapat terhisap, tetapi sebagian akan tersaring oleh bulu hidung dan bulu pipa pernapasan, sedang yang lebih halus akan terbawa ke dalam dan ke luar kembali.

Debu atau asap yang tertinggal dan melekat pada kantong udara di paru-paru akan menimbulkan penyakit, seperti sesak napas dan lain sebagainya. Karena itu debu dan asap las perlu mendapat perhatian khusus.

Pencegahan kecelakaan karena debu dan asap las :

1. Peredaran udara atau ventilasi harus benar-benar diatur dan diupayakan, di mana setiap kamar las dilengkapi dengan pipa pengisap debu dan asap yang penempatannya jangan melebihi tinggi rata-rata / posisi wajah (hidung) operator las yang bersangkutan.
2. Menggunakan kedok / helm las secara benar, yakni pada saat pengelasan berlangsung harus menutupi sampai di bawah wajah (dagu), sehingga mengurangi asap / debu ringan melewati wajah.
3. Menggunakan baju las (Apron) terbuat kulit atau asbes.
4. Menggunakan alat pernafasan pelindung debu, jika ruangannya tidak ada sirkulasi udara yang memadai (sama sekali tidak ada udara).





Penempatan Alat Pengisap Asap Las / Debu



2.2.3. Rangkuman

1. Perlindungan terhadap pencemaran udara adalah dengan cara membuat sirkulasi udara segar yang cukup pada tempat kerja.
2. Dianjurkan pula untuk memakai *masker* pelindung pernafasan.
3. Debu atau asap yang tertinggal dan melekat pada kantong udara di paru-paru akan menimbulkan penyakit, seperti sesak napas dan lain sebagainya.

2.2.4. Tugas

Berkunjunglah ke suatu bengkel las yang mempunyai las SMAW. Perhatikan dan amatilah tukang las yang sedang bekerja dengan menggunakan las SMAW! Bagaimana menurut pendapatmu pada saat tukang las tersebut mengelas dilihat dari sisi pencegahan terhadap bahaya debu, asap, dan gas?

2.2.5. Tes Formatif

1. Sebutkan macam-macam pencemaran udara yang dihasilkan oleh proses las!
2. Jelaskan syarat-syarat yang harus dipunyai oleh *masker* sebagai pelindung pernafasan!
3. Berapa besar debu dan asap las yang dihasilkan oleh pengelasan SMAW?
4. Apa jenis debu dan asap las yang dihasilkan oleh pengelasan SMAW?
5. Jelaskan pencegahan kecelakaan yang disebabkan oleh debu dan asap las!

2.2.6. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. . ...
2. . ...
   ....
   ....
   ....
   ....
3. . ...
4. . ...

5. . ...
....
....
....
....
....
....
....
....
....



2.2.7. Lembar Kerja Peserta Didik

No.	Aspek K3	Uraian
1.	Penggunaan topeng atau helm las	
2.	Penggunaan pakaian kerja	
3.	Penggunaan apron atau jaket las	
4.	Penggunaan masker pelindung pernafasan	
5.	Penempatan alat pengisap asap dan debu las	

2.3. Kegiatan Belajar 19 : Alat Perlindungan Diri (APD)

2.3.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah pembelajaran ini siswa dapat:

- Memahami pentingnya APD dalam melakukan pekerjaan di bidang industri.
- Mengetahui fungsi dari APD.
- Meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja.

2.3.2. Uraian Materi

Alat Perlindungan Diri adalah alat-alat yang mampu memberikan perlindungan terhadap bahaya-bahaya kecelakaan. Atau bisa juga disebut alat kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan risiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya.

Alat Perlindungan Diri harus mampu melindungi pemakainya dari bahaya-bahaya kecelakaan yang mungkin ditimbulkan, oleh karena itu, APD dipilih secara hati-hati agar dapat memenuhi beberapa ketentuan yang diperlukan.

Menurut ketentuan Balai Hiperkes, syarat-syarat Alat Perlindungan Diri adalah:

1. APD harus dapat memberikan perlindungan yang kuat terhadap bahaya yang spesifik atau bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja.
2. Berat alat hendaknya seringan mungkin dan alat tersebut tidak menyebabkan rasa ketidaknyamanan yang berlebihan.
3. Alat harus dapat dipakai secara fleksibel.
4. Bentuknya harus cukup menarik.
5. Alat pelindung tahan untuk pemakaian yang lama.
6. Alat tidak menimbulkan bahaya-bahaya tambahan bagi pemakainya yang dikarenakan bentuk dan bahayanya yang tidak tepat atau karena salah dalam menggunakannya.
7. Alat pelindung harus memenuhi standar yang telah ada.
8. Alat tersebut tidak membatasi gerakan dan persepsi sensoris pemakainya.
9. Suku cadangnya harus mudah didapat guna mempermudah pemeliharaannya.



Alat Perlindungan Diri dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu:

1. APD bagian kepala meliputi:
   - Alat Pelindung Kepala Bagian Atas: topi pelindung/pengaman (*safety helmet*).



   - Alat Pelindung Muka dan Mata: *safety glasses, face shields, goggles*, topeng dan helm las.











   - Alat Pelindung Telinga: tutup telinga (e*ar muff*), sumbat telinga (*ear plugs*).





- Alat Pelindung Pernafasan: *masker*, respirator.





2. APD bagian badan meliputi:
   - Alat Pelindung Seluruh Badan: jas laboratorium.



   - Alat Pelindung Badan Bagian Muka: apron.



3. APD bagian anggota badan meliputi:
   - Alat Pelindung Tangan: sarung tangan (*safety gloves*).



   - Alat Pelindung Kaki: *safety shoes*.



Kekurangan dan kelebihan Alat Perlindungan Diri.

1. Kekurangan Alat Perlindungan Diri meliputi:
   - Kemampuan perlindungan yang tak sempurna, karena memakai alat pelindung diri yang kurang tepat.
   - Fungsi dari Alat Pelindung Diri ini hanya untuk mengurangi akibat dari kondisi yang berpotensi menimbulkan bahaya.
   - Tidak menjamin pemakainya bebas kecelakaan.
   - Cara pemakaian Alat Pelindung Diri yang salah.
   - Alat Pelindung Diri tak memenuhi persyaratan standar.
   - Alat Pelindung Diri yang sangat sensitif terhadap perubahan tertentu.
   - Alat Pelindung Diri yang mempunyai masa kerja tertentu seperti kanister, filter, dan penyerap (*cartridge*).
   - Alat Pelindung Diri dapat menularkan penyakit bila dipakai berganti-ganti.
2. Kelebihan Alat Perlindungan Diri meliputi:
   - Mengurangi resiko akibat kecelakaan.
   - Melindungi seluruh/sebagian tubuh dari kecelakaan.

- Sebagai usaha terakhir apabila sistem pengendalian teknik dan administrasi tidak berfungsi dengan baik.
- Memberikan perlindungan bagi tenaga kerja di tempat kerja.

Cara memilih dan merawat Alat Perlindungan Diri.

1. Cara memilih Alat Perlindungan Diri:
   - Sesuai dengan jenis pekerjaan dan dalam jumlah yang memadai.
   - Alat Pelindung Diri yang sesuai standar serta sesuai dengan jenis pekerjaannya harus selalu digunakan selama mengerjakan tugas tersebut atau selama berada di areal pekerjaan tersebut dilaksanakan.
   - Alat Pelindung Diri tidak dibutuhkan apabila sedang berada dalam kantor, ruang istirahat, atau tempat-tempat yang tidak berhubungan dengan pekerjaannya.
   - Melalui pengamatan operasi, proses, dan jenis material yang dipakai.
2. Cara merawat Alat Perlindungan Diri:
   - Meletakkan Alat Pelindung Diri pada tempatnya setelah selesai digunakan.
   - Melakukan pembersihan secara berkala.
   - Memeriksa Alat Pelindung Diri sebelum dipakai untuk mengetahui adanya kerusakan atau tidak layak pakai.
   - Memastikan Alat Pelindung Diri yang digunakan aman untuk keselamatan, jika tidak sesuai maka perlu diganti dengan yang baru.
   - Dijaga keadaannya dengan pemeriksaan rutin yang menyangkut cara penyimpanan, kebersihan, serta kondisinya.
   - Apabila dalam pemeriksaan tersebut ditemukan alat kerja yang kualitasnya tidak sesuai persyaratan, maka alat tersebut ditarik serta tidak dibenarkan untuk dipergunakan.

Fungsi dari beberapa Alat Perlindungan Diri.

- Alat Pelindung Kepala: Topi Pelindung/Pengaman (*Safety Helmet*), melindungi kepala dari benda keras, pukulan, dan benturan.
- Alat Pelindung Muka dan Mata melindungi dari:
  1. Lemparan benda-benda kecil.
  2. Lemparan benda-benda panas
  3. Pengaruh cahaya.

- Alat Pelindung Pernafasan melindungi dari:
  1. Pencemaran oleh partikel (debu, kabut, asap, dan uap logam).
  2. Pencemaran oleh gas atau uap.
- Alat Pelindung Kaki:
  1. Untuk mencegah tusukan.
  2. Untuk mencegah tergelincir.
  3. Tahan terhadap bahaya listrik.
- Alat Pelindung Badan digunakan untuk melindungi tubuh dari benda berbahaya, misal api, asap, bakteri, zat-zat kimia, cahaya, dan sebagainya.
- Tutup telinga (*ear plugs*) untuk bekerja di tempat dengan kebisingan melebihi 85 dB.

2.3.3. Rangkuman

1. Alat Perlindungan Diri harus mampu melindungi pemakainya dari bahaya-bahaya kecelakaan yang mungkin ditimbulkan.
2. Alat Perlindungan Diri dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu: APD bagian kepala, APD bagian badan, dan APD bagian anggota badan.
3. Alat Perlindungan Diri mempunyai kekurangan dan kelebihan.
4. Alat Perlindungan Diri harus dirawat sebaik mungkin.

2.3.4. Tugas

Berkunjunglah ke suatu bengkel las, bengkel pemesinan, atau perusahaan (pabrik). Perhatikan dan amatilah karyawan yang sedang bekerja pada bengkel las, bengkel pemesinan, atau perusahaan (pabrik) tersebut! Bagaimana menurut pendapatmu tentang Alat Perlindungan Diri (APD) yang terdapat pada bengkel las, bengkel pemesinan, atau perusahaan (pabrik) tersebut?

2.3.5. Tes Formatif

1. Apa yang dimaksud dengan Alat Perlindungan Diri (APD)?
2. Sebutkan syarat-syarat Alat Perlindungan Diri!
3. Sebutkan Alat Perlindungan Diri bagian kepala!
4. Sebutkan Alat Perlindungan Diri bagian badan!
5. Sebutkan Alat Perlindungan Diri bagian anggota badan!
6. Jelaskan cara merawat Alat Perlindungan Diri!

7. Sebutkan fungsi alat pelindung muka dan mata!
8. Sebutkan fungsi alat pelindung kaki!

2.3.6. Lembar Jawaban Tes Formatif

1. . ...
2. . ...
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
3. . ...
4. . ...
   ....
5. . ...
   ....
6. . ...
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
7. . ...
8. . ...

2.3.7. Lembar Kerja Peserta Didik

No.	**Aspek APD**	**Uraian**
1.	APD bagian kepala	
2.	APD bagian badan	
3.	APD bagian anggota badan	

BAB III Penerapan

1. **Attitude skills**
2. **Kognitif skills**
3. **Psikomotorik skills**
4. **Produk/benda kerja sesuai kriteria standar**

DAFTAR PUSTAKA

Cristian Guilino, Fachkunde *Bauschlosser-Stahlbauer-Schmelzschweisser*. Verlag Handwerk und Technik GmbH, Hamburg, 1986.

.............., *Prakticher Lehrgang Spengler fuer Einfuehrungskurse und Betriebe*, SSIV (Schweizerischer Spengler – und Installateur – Veband, Zuerich, 1984.

.............., *Werkststtlehrgang fuer Spengler*, SSIV (Schweizerischer Spengler – und Installateur – Veband, Zuerich, 1973.

DIPI. Ing. Eddy D. Harjapamekas, Pengetahuan bahan dalam pengerjaan logam,. Angkasa Bandung.

Europa Lehrmittel, Fachkunde Metall, Nourmy, Vollmer GmbH & Co.

Hajime Shudo, Material Testing (Zairyou Shiken).. Uchidarokakuho, 1983.

Rizal Sani, *Las Busur Manual 1,* PPPG Teknologi Bandung, 1997

Ramli Soehatman, Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja, Dian Rakyat, Jakarta, 2010.

Strength of Materials. William Nash. Schaum's Outlines, 1998.

The Lincoln Electric Company, *The Procedure Handbook of Arc Welding,* The Lincoln Electric Company, 1973

William D. Callister Jr., Material Science and Engineering: An Introduction. John Wiley&Sons, 2004.